Reprints Einaudi 31

Titolo originale *The Concept of Nature*
Cambridge University Press

Copyright 1948 by Giulio Einaudi editore, Torino

Traduzione di Massimo Meyer

Prima edizione nella «Biblioteca di cultura filosofica», n. 5, 1948

Prima edizione nei «Reprints», 1975

Alfred North Whitehead

Il concetto della natura

Giulio Einaudi editore

20
SM
3299

Prefazione

Il contenuto del presente libro fu presentato originariamente al Trinity College nell'autunno del 1919 per il corso inaugurale delle conferenze Tarner. Il corso Tarner è un corso di lettorato dovuto alla liberalità del signor Edward Tarner. Il còmpito dei lettori consiste nel tenere un corso su « la filosofia delle scienze e le relazioni o mancanza di relazioni fra i diversi settori della conoscenza ». Il presente libro contiene il tentativo del primo lettore della serie di adempiere il proprio còmpito.

I capitoli mantengono la forma originaria di conferenze e non hanno subíto che mutamenti di secondaria importanza, intesi ad eliminare qualche oscurità di espressione. La forma della conferenza ha il vantaggio di rivolgersi ad un uditorio con una mentalità ben definita, che la conferenza stessa si propone di modificare in una direzione ben determinata. Nel presentare una nuova concezione, che tocca cosí vasti argomenti, un metodo semplice di esposizione che proceda dalle premesse alle conclusioni non è sufficiente per riuscire comprensibile. Il vostro uditorio continuerà ad interpretare qualunque cosa voi diciate in conformità con la propria concezione preesistente. Per questo motivo i primi due e gli ultimi due capitoli sono essenziali per la comprensione dell'insieme, sebbene non aggiungano nulla alla completezza formale dell'esposizione. Il loro còmpito è di evitare malintesi che provochino un'interpretazione erronea. Lo stesso motivo mi suggerí di evitare la terminologia filosofica tec-

nica. La moderna filosofia della natura è tutta quanta permeata dall'errore della duplicità, di cui tratta il secondo capitolo. E quindi tutta la terminologia tecnica presuppone una sottile deformazione della mia tesi. È forse bene dichiarare esplicitamente che se il lettore si culla nel facile errore della duplicità della natura, non gli riuscirà comprensibile nemmeno una parola di quanto ho scritto.

Gli ultimi due capitoli non fanno propriamente parte di questo corso di conferenze. Il capitolo VIII venne letto nella primavera del 1920 alla Società Chimica degli studiosi dell'Imperial College of Science and Technology. È stato aggiunto qui come adatto a riassumere ed applicare la concezione esposta nell'opera ad un auditorio provvisto di una mentalità di carattere specifico.

Questo volume si ricollega alla mia precedente opera An Enquiry concerning the Principles of Natural Knowledge *(Ricerca sui principî della conoscenza della natura). Tanto l'uno quanto l'altra si può leggere indipendentemente; ma essi si completano a vicenda. Il presente volume contiene in parte punti di vista che non vennero trattati nel precedente; ed in parte esplora lo stesso campo con un'esposizione diversa. In questo si sono evitate con ogni cura le espressioni matematiche, mentre sono stati assunti come dimostrati i risultati delle deduzioni matematiche. Alcune spiegazioni sono state migliorate ed altre messe in una nuova luce. D'altra parte, argomenti importanti dell'opera precedente sono stati omessi in questa, quando non avevo nulla di nuovo da dire al riguardo. In complesso, mentre il lavoro precedente si basava principalmente su idee tratte dalla fisica matematica, questo riguarda piú strettamente certi campi della filosofia e della fisica, con esclusione della matematica. Le due opere si ripetono nella discussione su alcune caratteristiche dello spazio e del tempo.*

Non ho coscienza di avere modificato in alcun modo le mie opinioni: solo esse hanno subito alcuni sviluppi. Di essi, quelli che non richiedono una esposizione matematica sono stati incor-

porati nel testo. Agli sviluppi matematici si allude negli ultimi due capitoli. Essi riguardano l'applicazione ai principî della fisica-matematica del principio di relatività nella forma che qui si sostiene. È adottato il metodo di Einstein consistente nell'usare la teoria dei tensori, ma l'applicazione di essa segue un procedimento diverso e procede da presupposti differenti. Quelli fra i risultati da lui raggiunti, che l'esperienza ha verificato, sono stati ottenuti anche col mio metodo. La divergenza sorge principalmente dal fatto che io non accetto la sua teoria dello spazio non uniforme o il suo presupposto riguardo al carattere peculiare dei segnali luminosi. Non voglio con questo si creda erroneamente ch'io non apprezzi al suo giusto valore la sua opera recente sulla relatività generale, che ha avuto l'alto merito di aprire per prima la via su cui dovrebbe procedere la fisica matematica alla luce del principio della relatività. Ma a mio parere egli ha intralciato lo sviluppo del suo brillante metodo matematico cacciandosi nel vicolo di una filosofia molto dubbia.

Scopo del presente volume, come del precedente, è di gettare le basi di una filosofia della natura: presupposto necessario per rendere possibile una riorganizzazione della fisica speculativa. L'interpretazione unitaria dello spazio e del tempo, che domina la parte costruttiva del mio lavoro, può appoggiarsi dal lato della scienza a Minkowski ed ai relativisti successivi, mentre dal lato della filosofia essa costituiva, se non erro, uno dei temi del ciclo di conferenze Gifford, tenuto alcuni anni fa dal professor Alexander, e non ancora pubblicate. Egli riassunse inoltre le proprie conclusioni in una conferenza tenuta all'Aristotelian Society nel luglio del 1918. Dopo la pubblicazione della Enquiry concerning the Principles of Natural Knowledge, *ho avuto la fortuna di leggere l'opera del signor C. D. Broad,* Perception, Physics and Reality *(Cambridge, Univ. Press, 1914). Quest'opera di valore mi è stata di aiuto nella trattazione del capitolo II, sebbene non saprei dire fino a che punto il signor Broad assentirebbe al mio modo di trattare tali argomenti.*

Devo infine ringraziare la direzione della University Press, i compositori, i correttori di bozze, impiegati e dirigenti non solo per l'eccellenza tecnica del loro lavoro, ma per il modo con cui hanno cooperato per risparmiarmi ogni fastidio.

A. N. W.

Imperial College of Science and Technology - Aprile, 1920.

Il concetto della natura

I. Natura e pensiero

L'argomento delle Conferenze Tarner è stato formulato dal loro fondatore in questi termini: « La filosofia delle scienze e le relazioni o la mancanza di relazioni fra i diversi settori della conoscenza ». È opportuno in questa prima lezione soffermarci a considerare le intenzioni del fondatore espresse in tale enunciato; il che farò tanto piú volentieri in quanto ciò mi permetterà di presentare i problemi a cui è dedicato questo corso.

Credo di essere nel giusto interpretando la seconda parte della definizione come parziale precisazione della prima. Che è infatti la filosofia delle scienze se non lo studio delle relazioni fra i diversi settori della conoscenza? Inoltre, con ammirevole scrupolo per la libertà di pensiero, è stata aggiunta dopo la parola « relazioni » l'espressione « o mancanza di relazioni ». Una confutazione della possibilità di relazioni fra le scienze costituirebbe in se stessa una filosofia delle scienze. Ma non possiamo esimerci dal prendere in considerazione tanto la prima, quanto la seconda parte della formula suddetta. Non tutte le relazioni fra le scienze possono far parte della filosofia. Per esempio la biologia e la fisica hanno in comune l'uso del microscopio. Eppure, posso affermare con sicurezza che una descrizione tecnica dell'uso del microscopio nella biologia non fa parte della filosofia delle scienze. Cosí pure non potete trascurare la seconda parte della definizione, cioè il riferimento alle relazioni fra le scienze, senza rinunciare ad un esplicito riferi-

mento ad un ideale, nell'assenza del quale la filosofia sarebbe condannata ad avvizzire per mancanza di un interesse intrinseco. Questo ideale è la conquista di un concetto unitario che sia in grado di ordinare in precise relazioni interne tutto quanto ci proviene dalla conoscenza, dal senso e dal sentimento. Questo lontanissimo ideale è la forza motrice della ricerca filosofica; ed esige fedeltà anche da chi lo rifiuta. Il filosofo pluralista è un logico accanito; quello hegeliano prospera nelle contraddizioni con l'aiuto del suo Assoluto; il teologo maomettano s'inchina alla volontà creatrice di Allah; ed il pragmatista è pronto ad accettare qualunque cosa, purché essa « agisca ».

Il ricordo di questi grandiosi sistemi e delle secolari controversie da cui essi nacquero ci invita a riflettere. Il nostro còmpito è quello molto piú semplice della filosofia delle scienze. Ora, una scienza possiede già una certa unità, che è la ragione fondamentale per cui quel complesso di conoscenze è stato istintivamente riconosciuto come una scienza speciale. La filosofia di una scienza è il tentativo di esprimere in modo esplicito quelle caratteristiche unitarie che informano quel complesso di pensieri e ne fanno una scienza. La filosofia delle scienze — intesa come una disciplina unica — è il tentativo di concepire tutte le scienze come una sola scienza, o — in caso di insuccesso — la confutazione di una tale possibilità.

Intendo inoltre fare una successiva semplificazione e limitare la nostra attenzione alle scienze naturali, cioè alle scienze che hanno per oggetto la natura. Col postulare un oggetto comune per questo gruppo di scienze, si è per ciò stesso presupposta una filosofia unitaria della scienza naturale.

Che cosa s'intende per natura? Dobbiamo trattare della filosofia della scienza naturale, e la scienza naturale è la scienza della natura. Ma che cosa è la natura?

La natura è ciò che noi osserviamo nella percezione per mezzo dei sensi. In questa percezione sensoriale siamo consci di qualcosa che non è pensiero e che riesce estraneo al pensiero. Questa proprietà di essere estranea al pensiero è fondamentale

per la scienza naturale. Ciò significa che si può pensare la natura come un sistema chiuso, le cui mutue relazioni non esigono si tenga conto del fatto che sono pensate.

In questo senso la natura è indipendente dal pensiero. Con questa asserzione non si intende affatto fare un'affermazione metafisica. Quanto voglio dire è che possiamo pensare la natura senza darci pensiero del pensiero. In tal caso dirò che stiamo pensando la natura in modo « omogeneo ».

Naturalmente è possibile pensare la natura con riferimento al pensiero relativamente al fatto che la natura è pensiero di qualche cosa. In tal caso dirò che stiamo pensando la natura in modo « eterogeneo ». Effettivamente, durante gli ultimi minuti abbiamo continuato a trattare della natura in modo eterogeneo. La scienza naturale è composta esclusivamente di pensieri omogenei riguardo alla natura.

Ma la percezione sensoriale ha in sé un elemento che non è pensiero. È un problema psicologico arduo il decidere se la percezione sensoriale implichi il pensiero; e, se sí, quale genere di pensiero implichi necessariamente. È da notare che abbiamo stabilito in precedenza che la percezione sensoriale è un prender atto di qualche cosa che non è pensiero. Cioè, la natura non è pensiero. Ma un altro problema è se la percezione sensoriale abbia un fattore che non è pensiero. Chiamo questo fattore « sensazione ». Dalla teoria che la scienza naturale considera esclusivamente i pensieri omogenei sulla natura non segue immediatamente la conclusione che la scienza naturale non abbia nulla a che fare con la sensazione.

Tuttavia io faccio quest'altra affermazione: sebbene la scienza naturale riguardi la natura, che è il termine della percezione sensoriale, essa non ha nulla a che fare con la sensazione in se stessa.

Riassumo a grandi linee il mio ragionamento e lo sviluppo in certe direzioni.

Il pensiero della natura è differente dalla percezione sensoriale della natura. Quindi, il fatto della percezione sensoriale è

un ingrediente o fattore che non è pensiero. Chiamo sensazione questo fattore. È indifferente al mio assunto se la percezione sensoriale abbia o non abbia come altro fattore anche il pensiero. Se la percezione sensoriale non implica il pensiero, allora percezione sensoriale e sensazione si identificano. Ma ciò che è percepito è percepito come un ente, che è il termine della sensazione, qualcosa che per il pensiero è al di là del fatto di questa sensazione. Certamente, anche il percepito non contiene altre sensazioni differenti dalla sensazione che costituisce un fattore di quella percezione. Quindi la natura, in quanto manifestata nella percezione, sta a sé di contro alla sensazione, oltre ad essere a sé di contro al pensiero. Si può anche esprimere questa autosufficienza della natura col dire che la natura è chiusa allo spirito.

Questa estraneità della natura non comporta nessuna dottrina metafisica sulla separazione di natura e spirito. Significa soltanto che nella percezione sensoriale la natura si manifesta come un complesso di enti, le cui relazioni reciproche si possono esprimere in termini di pensiero senza riferirsi allo spirito, cioè senza riferirsi né alla sensazione, né al pensiero. Desidero inoltre che non si travisi il mio ragionamento, quasi esso implicasse l'asserzione che sensazione e pensiero sono le uniche attività dello spirito. Non escludo affatto la possibilità di altre relazioni degli enti naturali con lo spirito o gli spiriti, oltre a quella di essere i termini della sensazione degli spiriti. Di conseguenza posso estendere il significato delle espressioni « pensiero omogeneo » e « pensiero eterogeneo ». Si pensa in modo « omogeneo » riguardo alla natura, quando la si considera senza riferirsi al pensiero o alla sensazione; e si pensa in modo « eterogeneo » riguardo alla natura, quando la si considera in connessione o col pensiero o con la sensazione o con ambedue.

L'omogeneità del pensiero riguardo alla natura esclude pure ogni riferimento ai valori morali ed estetici, il cui apprendimento è tanto piú vivace quanto piú forte è l'attività dell'autocoscienza. I valori della natura sono forse la chiave per una

sintesi metafisica dell'esistenza; ma una tale sintesi è proprio quanto non mi propongo di fare. Io mi occupo esclusivamente di raggiungere le piú ampie generalizzazioni rispetto a ciò che ci è noto come diretta rivelazione della percezione sensoriale.

Ho detto che la natura ci si presenta nella percezione come un complesso di enti. Vale la pena di riflettere su che cosa intendiamo in questo caso per ente.

« Ente » è semplicemente l'equivalente latino di « cosa », prescindendo da alcune distinzioni introdotte arbitrariamente fra i due termini per esigenze tecniche. Tutti i pensieri devono concernere le cose. Possiamo farci un'idea della necessità delle cose per il pensiero, esaminando la struttura di una proposizione.

Supponiamo che una proposizione venga comunicata ad un ascoltatore. Essa sarà composta di espressioni: alcune di queste espressioni possono essere dimostrative ed altre descrittive.

Per « espressione dimostrativa » intendo un'espressione per cui l'ascoltatore diventa cosciente di un ente in modo indipendente dalla particolarità dell'espressione dimostrativa. Capite bene che in questo caso uso il vocabolo « dimostrazione » in un senso non logico, cioè nel senso in cui un professore, con l'aiuto di un ranocchio e di un microscopio, dimostra la circolazione del sangue ad una classe di studenti in medicina. Una dimostrazione del genere la dico « speculativa », ricordando l'uso che fa Amleto della parola « speculazione », quando dice:

Quegli occhi sono privi di speculazione.

Cosí una espressione dimostrativa dimostra un ente in modo speculativo. Può darsi che chi parla abbia inteso indicare qualche altro ente, cioè la espressione dimostra per lui un ente diverso da quello che dimostra per l'ascoltatore. In questo caso c'è confusione; poiché vi sono due proposizioni diverse, una per chi parla ed un'altra per chi ascolta. Trascuro questa eventualità come irrilevante per la discussione, sebbene talvolta in pratica possa riuscire difficile per due persone giungere ad una

proposizione esattamente comune, o anche per una persona precisare con esattezza la proposizione che considera.

Può anche succedere che l'espressione dimostrativa non riesca a dimostrare nessun ente. In tal caso non c'è proposizione alcuna per l'ascoltatore. Ma penso che possiamo presumere (se pure un po' avventatamente) che chi parla sappia anche che cosa voglia dire.

Una espressione dimostrativa è un gesto, un'indicazione. Non è di per sé un fattore della proposizione; bensí tale fattore è costituito dall'ente che essa indica. Potete discutere l'opportunità di una espressione dimostrativa che vi riesca spiacevole sotto un certo aspetto; ma se essa dimostra proprio l'ente in questione, la proposizione è inattaccabile anche se offende il vostro buon gusto. Questa capacità di suggestione dell'attività espressiva fa parte delle qualità letterarie della frase che comunica la proposizione. E questo perché una frase comunica direttamente una sola proposizione, mentre con la propria fraseologia suggerisce una penombra di altre proposizioni cariche di valore emozionale. Ma cui ci interessa quell'unica proposizione direttamente comunicata per il tramite d'una qualunque fraseologia.

Questa concezione riesce poco chiara per il fatto che quasi sempre ciò che dovrebbe riuscire una semplice parte del gesto dimostrativo, riesce in effetti una parte della proposizione che si desidera comunicare direttamente. In questo caso diciamo ellittica la forma della proposizione. Nei rapporti ordinari quasi tutte le proposizioni riescono ellittiche.

Facciamo qualche esempio. Supponiamo che chi parla si trovi a Londra e precisamente nel palazzo dell'Università. Egli sta parlando nell'atrio dell'Università e dice:

« Questo edificio scolastico è comodo ».

L'espressione « questo edificio scolastico » è un'espressione dimostrativa. Ora supponiamo che chi lo ascolta risponda:

« Questo non è un edificio scolastico, è la gabbia dei leoni allo Zoo ».

Allora, purché la proposizione originaria non sia stata sof-

focata in una terminologia ellittica, chi parla insiste sulla sua proposizione originaria, col replicare:

« Comunque esso è comodo ».

Da notare che la risposta di chi ascolta accetta la dimostrazione speculativa dell'espressione « questo edificio scolastico ». Egli non dice: « Che volete dire? » Accetta l'espressione in quanto dimostra un ente, ma dichiara che tale ente è la gabbia dei leoni allo Zoo. Nel replicare, la prima persona riconosce a sua volta la buona riuscita del suo primo gesto come dimostrazione speculativa, e rinuncia con un « comunque » a discutere se il suo modo di indicare l'ente fosse o no appropriato. Ma ora è in condizione di ripetere la sua proposizione con l'aiuto di un gesto dimostrativo spoglio di ogni riferimento indicativo, appropriato o meno, col dire:

« Esso è comodo ».

L'« esso » di questa asserzione finale presuppone che il pensiero si sia impossessato dell'ente come di un mero oggetto di valutazioni.

Ci limiteremo agli enti rivelati nella sensazione. In questa l'ente si presenta come un termine di relazioni nel complesso costituito dalla natura. Un osservatore lo afferra per le sue relazioni; ma nella sua nuda individualità costituisce ancora un termine di riferimento per il pensiero. Il pensiero non può procedere altrimenti; cioè non può procedere senza l'ideale e nudo « esso », che si dimostra speculativamente. Questo porre l'ente come un termine puro non gli attribuisce un'esistenza indipendente dal complesso in cui esso è stato trovato dalla percezione dei sensi. L'« esso » per il pensiero è essenzialmente un termine di riferimento per la sensazione.

Può darsi che il dialogo riguardo al palazzo dell'Università prenda un'altra piega. Qualunque fosse il proposito iniziale di chi parla, quasi certamente ora giudicherà la sua precedente affermazione travisata da una terminologia ellittica, e preciserà di aver voluto dire:

« Questo è un edificio scolastico ed è comodo ».

Qui l'espressione dimostrativa o il gesto che dimostra l'« esso », che è comodo, è stata ridotta al « questo »; e la espressione, cosí attenuata, in relazione alle circostanze che l'hanno occasionata, è sufficiente per ottenere una corretta dimostrazione. Ne risulta che la forma verbale non esaurisce mai l'intera fraseologia di una proposizione; questa fraseologia include altresí le circostanze generali della sua generazione. Dunque lo scopo di un'espressione dimostrativa è di presentare un definito « esso » come un termine puro di riferimento per il pensiero; ma il *modus operandi* di una espressione dimostrativa consiste nell'indurre a prender coscienza di un ente come di un particolare termine di riferimento in un complesso ausiliario, scelto unicamente per opportunità della dimostrazione speculativa ed irrilevante per la proposizione. Per esempio, nel dialogo precedente, edificio e scolastico, in quanto riferentisi all'« esso » dimostrato speculativamente dall'espressione « questo edificio scolastico », pongono l'« esso » in un complesso ausiliario, irrilevante per la proposizione: « Esso è comodo ».

Naturalmente nel discorso ogni espressione è invariabilmente ellittica in alto grado. Quindi la frase: « Questo edificio scolastico è comodo », significa probabilmente: « Questo edificio scolastico è comodo come edificio scolastico ».

Ma è facile provare che nella discussione precedente si può sostituire a « comodo » l'espressione « comodo come edificio scolastico », senza alterare il senso della conclusione; sebbene è ammissibile che l'ascoltatore, pensando di trovarsi nella gabbia dei leoni, sarebbe in questo caso meno incline ad acconsentire alla seconda frase: « Comunque, esso è comodo come edificio scolastico ».

Un caso anche piú evidente di fraseologia ellittica sorgerebbe se chi parla dovesse rivolgersi all'interlocutore con l'osservazione:

« Quel delinquente è vostro amico ».

L'ascoltatore potrebbe rispondere:

« Egli è mio amico e voi mi state insultando ».

In questo caso l'ascoltatore giudica l'espressione « quel delin-

quente » come ellittica e non puramente dimostrativa. Infatti una dimostrazione pura è impossibile, sebbene rappresenti l'ideale del pensiero. Questa difficoltà pratica di una dimostrazione pura sorge nel comunicare ad altri il proprio pensiero e nel ricevere il pensiero di altri. Cioè una proposizione riguardante un particolare fattore della natura non può per molteplici ragioni né essere comunicata ad altri, né essere ricevuta senza l'aiuto di complessi ausiliari irrilevanti alla sua essenza.

Passo ora alle espressioni descrittive. Chi parla dice:

« Una Università in Regent's Park è comoda ».

L'ascoltatore conosce bene Regent's Park. L'espressione « una Università in Regent's Park » è per lui descrittiva. Se la sua fraseologia non è ellittica, come succede per un verso o per l'altro nella vita ordinaria, quella proposizione significa semplicemente: « C'è un ente che è un edificio scolastico in Regent's Park ed è comodo ».

Se l'ascoltatore replica:

« La gabbia dei leoni dello Zoo è il solo edificio comodo di Regent's Park », egli contraddice il suo interlocutore col dato di fatto che una gabbia di leoni non è un edificio scolastico.

Cosicché, mentre nel primo dialogo l'ascoltatore dissentiva semplicemente dal suo interlocutore senza contraddirlo, in questo secondo dialogo lo contraddice. Pertanto, un'espressione descrittiva fa parte della proposizione che aiuta ad esprimere, mentre un'espressione dimostrativa non fa parte della proposizione che aiuta ad esprimere.

Potrebbe anche darsi che chi parla si trovasse in Green Park — dove non ci sono edifici scolastici — e dicesse:

« Questo edificio scolastico è comodo ».

Probabilmente l'ascoltatore non ne ricaverebbe alcuna proposizione, in quanto l'espressione dimostrativa « Questo edificio scolastico » avrebbe fallito il proprio còmpito dimostrativo, stante la mancanza del fondamento della sensazione, che essa presuppone.

Ma se chi parla avesse detto:

« Un edificio scolastico in Green Park è comodo », l'ascoltatore avrebbe preso atto di una proposizione, però falsa.

Il linguaggio è generalmente ambiguo ed è arrischiato fare affermazioni generali sui suoi significati. Tuttavia espressioni che comincino con « questo » o con « quello » sono per solito dimostrative, mentre espressioni che comincino con « il » o con « un » sono quasi sempre descrittive. Studiando la teoria delle proposizioni, è importante tener presente l'enorme differenza fra le modeste parole di significato analogo « questo » e « quello » da un lato e « un » e « il » dall'altro. La frase:

« Questo edificio scolastico in Regent's Park è comodo », secondo l'analisi fatta per la prima volta da Bertrand Russel, esprime la proposizione:

« Vi è un ente che 1) è un edificio scolastico in Regent's Park e 2) è comodo e 3) è tale che qualunque edificio scolastico sito in Regent's Park è identico ad esso ».

Il carattere descrittivo dell'espressione: « L'edificio scolastico in Regent's Park » riesce cosí evidente. La proposizione cade se viene a mancare una qualunque delle tre componenti o anche se soltanto non si verifica una combinazione qualunque delle componenti medesime. Se avessimo sostituito « Green Park » a « Regent's Park » ne sarebbe risultata una proposizione falsa. Come anche la costruzione di un secondo edificio scolastico in Regent's Park renderebbe falsa la proposizione, sebbene il senso comune la considererebbe soltanto ambigua.

L'*Iliade* per uno studente liceale è per solito un'espressione dimostrativa; poiché essa gli dimostra un ben noto poema. Ma per la maggioranza degli uomini l'espressione è descrittiva, cioè è sinonimo di quest'altra: « Il poema intitolato *Iliade* ».

I nomi possono essere tanto dimostrativi che descrittivi. Per esempio « Omero » per noi è un'espressione descrittiva, cioè la parola, con appena una sottile differenza in capacità indicativa, significa: « L'uomo che scrisse l'*Iliade* ».

Risulta chiaro da questa esegesi che il pensiero si pone davanti dei termini puri, detti enti, che il pensante riveste espri-

mendone le mutue relazioni. La sensazione manifesta il fatto coi propri fattori che sono gli enti del pensiero. Il distinguere un ente nel pensiero non è un'asserzione metafisica, ma un metodo di procedimento necessario per le espressioni finite delle proposizioni individuali. Senza gli enti, non ci potrebbe essere nessuna verità finita; essi sono i mezzi coi quali si elimina dal pensiero l'infinità di tutto ciò che è irrilevante.

Riassumendo: i termini del pensiero sono enti, dapprima individui nudi, ed in seguito forniti di proprietà e relazioni loro attribuiti nel processo di pensiero. I termini della sensazione sono fattori del fatto di natura, dapprima termini di relazione e solo in seguito determinati come individualità distinte.

Non si può spiegare nessuna delle caratteristiche della natura offerte immediatamente alla conoscenza della sensazione. Esse sono impenetrabili al pensiero, nel senso che per il pensiero il loro carattere peculiare, introdotto nell'esperienza dalla sensazione, è meramente il custode della loro individualità come puri enti. Cosí per il pensiero « rosso » è semplicemente un ente determinato, sebbene per la sensazione « rosso » abbia la concretezza della propria individualità. Il passaggio dal « rosso » della sensazione al « rosso » del pensiero coinvolge una precisa perdita di concretezza, cioè il passaggio dal fattore « rosso » all'ente « rosso ». Questa perdita è compensata dal fatto che il pensiero è comunicabile, mentre la sensazione non è tale.

Ci sono dunque tre componenti la nostra conoscenza della natura, cioè il fatto, i fattori e gli enti. Il fatto è il termine indifferenziato della sensazione; i fattori sono i termini della sensazione, differenziati come elementi del fatto; gli enti sono i fattori nella loro funzione di termini del pensiero. Gli enti di cui si parla qui sono gli enti naturali. Il pensiero è piú vasto della natura, cosicché vi sono per il pensiero enti diversi da quelli naturali.

Quando parliamo della natura come di un complesso di enti in relazione, il « complesso » è il fatto in quanto ente del pen-

siero, ed alla sua nuda individualità viene attribuita la proprietà di abbracciare nella propria complessità gli enti naturali. È nostro proposito analizzare questa teoria e nel corso dell'analisi incontreremo lo spazio ed il tempo. Evidentemente le relazioni esistenti fra gli enti naturali sono anch'esse enti naturali, cioè sono anch'esse fattori del fatto, esistenti per la sensazione. Di conseguenza la struttura del complesso naturale non può mai venir completata nel pensiero, come del pari i fattori del fatto non si possono mai esaurire nella sensazione. L'inesauribilità è una caratteristica essenziale della nostra conoscenza della natura. Come pure la natura non esaurisce il campo del pensiero, cioè vi sono pensieri che non potrebbero venire in mente a chi pensasse in modo esclusivamente omogeneo riguardo alla natura.

La questione se la percezione sensoriale implichi il pensiero è in gran parte verbale. Se la percezione implica la cognizione dell'individualità, astratta dall'attuale posizione dell'ente come fattore del fatto, allora senza dubbio la percezione implica il pensiero. Ma, se viene concepita come sensazione di un fattore del fatto capace di suscitare emozioni ed azioni intenzionali senza altre cognizioni, allora la percezione non implica il pensiero. In tal caso il termine della sensazione è qualcosa per lo spirito ma nulla per il pensiero. La percezione sensoriale di qualcuna delle forme piú basse di vita si può supporre prossima a questa situazione. Ed incidentalmente anche la nostra percezione, nei momenti in cui l'attività del pensiero è assopita, non è lontana dal raggiungere tale limite ideale.

Il processo di analisi nella sensazione ha due parti distinte. Vi è l'analisi del fatto in parti, e l'analisi delle parti del fatto che presentano relazioni con enti che non fanno parte del fatto, sebbene ne siano, per cosí dire, degli ingredienti. Ossia il fatto immediato della sensazione comprende tutto quanto accade in natura. È la natura come evento presente nella sensazione e per essenza in divenire. È impossibile tener ferma la natura, e intanto contemplarla. Accrescendo i nostri sforzi, non riusciamo a migliorare la conoscenza del termine della nostra

attuale sensazione; sarà la nostra situazione successiva nella successiva sensazione a godere i beneficî della nostra buona risoluzione. Dunque il fatto definitivo della sensazione è un evento. Questo evento totale è articolato da noi in eventi parziali. Noi siamo consci di un evento che è il nostro corpo vivente, di un evento che è il fluire della natura in questa stanza, e di un aggregato di altri eventi parziali percepiti confusamente. Questa è l'analisi che si compie nella sensazione del fatto in parti.

Userò il vocabolo « parte » nel senso arbitrariamente limitato di un evento facente parte del fatto totale manifestato nella sensazione.

La sensazione ci offre anche nella natura altri fattori che non sono eventi. Per esempio, l'azzurro del cielo viene osservato in quanto situato in un certo evento. Questa relazione di situazione richiede una trattazione a parte, che rimando ad una lezione successiva. Qui mi preme precisare che l'azzurro del cielo si trova nella natura in un ben preciso rapporto d'implicazione con gli eventi, ma non è esso stesso un evento. Quindi, oltre agli eventi, ci sono nella natura altri fattori direttamente rivelati dalla sensazione. L'interpretazione eseguita dal pensiero di tutti questi fattori della natura come di enti distinti con definite relazioni naturali è l'operazione che altrove [1] ho denominato la « diversificazione della natura ».

Dal discorso precedente risulta la conclusione generale che il còmpito primo di una filosofia della scienza dovrebbe essere una qualche classificazione generale degli enti rivelatici dalla percezione sensoriale.

Fra gli esempi di enti in rapporto di implicazione con gli « eventi » da noi usati a scopo esplicativo, ci sono il palazzo dell'Università, Omero, e l'azzurro del cielo. Evidentemente si tratta di cose molto diverse; ed è probabile che le asserzioni fatte riguardo ad una specie di enti non sarebbero vere riferite

[1] Cfr. *An Enquiry concerning the Principles of natural Knowledge*, Cambridge, 1919.

alle altre specie. Se il pensiero umano procedesse nel modo regolare che la logica astratta pretenderebbe imporgli, potremmo fare un altro passo e dire che il primo passo della scienza naturale dovrebbe consistere nella classificazione dei propri enti. Forse voi obietterete che questa classificazione è già stata fatta e che la scienza s'interessa appunto delle avventure degli enti materiali nel tempo e nello spazio.

La storia della teoria della materia deve ancora essere scritta. È la storia dell'influsso della filosofia greca sulla scienza. Questo influsso è consistito in un continuo travisamento della condizione metafisica degli enti naturali. L'ente è stato separato dal fattore che costituisce il termine della sensazione. È diventato invece il substrato del fattore, ed il fattore è stato degradato ad un attributo dell'ente. In questo modo si è introdotta nella natura una distinzione che in realtà non è affatto una distinzione. Un ente naturale è semplicemente un fattore del fatto, considerato per se stesso. La sua indipendenza dal complesso del fatto è una mera astrazione. Esso non è il substrato del fattore, ma il fattore stesso purificato nel pensiero. Cosí, quello che è un mero processo spirituale di traduzione della sensazione in conoscenza discorsiva, è stato trasformato in una caratteristica fondamentale della natura. In questo modo è nata la materia come substrato metafisico delle sue proprietà, ed il processo della natura viene interpretato come la storia della materia.

Platone ed Aristotile trovarono il pensiero greco impegnato nella ricerca delle sostanze semplici in termini che permettessero di esprimere il corso degli eventi. Possiamo esprimere questa situazione filosofica con la domanda: « Di che cosa è fatta la natura? » La risposta che il loro genio diede a questa domanda e piú precisamente i concetti che sottostanno alle espressioni in cui venne formulata la risposta hanno condotto a quei presupposti dogmatici riguardo al tempo, allo spazio ed alla materia, che hanno imperato finora nella scienza.

In Platone le forme del pensiero sono piú fluide che in Ari-

stotile, e perciò, oso dire, di maggior valore. La loro importanza consiste nell'offrire un esempio evidente di pensiero maturo circa la natura, prima che questo venisse costretto in uno stampo uniforme dalla lunga tradizione della filosofia scientifica. Nel *Timeo*, per esempio, si postula, se pur vagamente, una distinzione fra il divenire generale della natura ed il suo tempo misurabile. In una lezione successiva dovrò distinguere fra ciò che io definisco il fluire della natura ed i particolari sistemi temporali che presentano certe caratteristiche di tale fluire. Non pretendo di trovare in Platone un appoggio diretto a questa teoria, ma son convinto che i paragrafi del *Timeo* che trattano del tempo diventerebbero piú chiari, se si accettasse la mia distinzione.

Ma questa, comunque, è una digressione. Stavo parlando delle origini della concezione scientifica della materia nella speculazione greca. Nel *Timeo* Platone asserisce che la natura è composta di fuoco e terra con l'aria e l'acqua come elementi intermediari; cosicché, « come il fuoco sta all'aria, cosí l'aria sta all'acqua, e come l'aria all'acqua cosí l'acqua alla terra ». Ed egli propone anche un'ipotesi molecolare per questi quattro elementi. In questa ipotesi tutto dipende dalla forma degli atomi: cubici per la terra e piramidali per il fuoco. Oggigiorno i fisici stanno di nuovo discutendo la struttura dell'atomo, e la forma non è un fattore trascurabile della sua struttura. Le congetture di Platone usano un linguaggio assai piú immaginoso dell'analisi sistematica di Aristotile; ma per alcuni aspetti sono piú apprezzabili. Il profilo generale della sua teoria è affine a quello della scienza moderna. Comprende concetti che qualunque filosofia della natura deve prendere in considerazione ed in qualche modo spiegare. Aristotile pone la questione fondamentale: che cosa si deve intendere per « sostanza »? Ed a questo proposito l'intervento della sua logica nella filosofia riesce davvero disastroso. Nella sua logica il tipo fondamentale di proposizione affermativa consiste nell'attribuzione di un predicato al soggetto. Di conseguenza, fra i molti significati correnti

del termine « sostanza » che egli prende in esame, dà risalto a quello di « sostrato ultimo, non piú predicabile di altro ».

L'accettazione dogmatica della logica aristotelica ha portato agli estremi la tendenza di postulare un sostrato per tutto ciò che si rivela nella sensazione, cioè di ricercare al di là di quanto percepiamo la sostanza nel senso di « cosa concreta ». È questa l'origine del moderno concetto scientifico di materia e di etere, ossia essi sono il risultato di questo persistente abito mentale di postulazione.

Cosí l'etere è stato considerato dalla scienza moderna come sostrato degli eventi che hanno luogo nel tempo e nello spazio oltre i limiti della comune materia ponderabile. Personalmente, ritengo che il concetto di predicato sia una nozione confusa raccogliente molte relazioni diverse in un'unica espressione linguistica di carattere pratico. Ritengo, per esempio, che la relazione del verde ad un filo d'erba sia completamente differente dalla relazione del verde all'evento che compone la storia della vita di quel filo d'erba in un certo momento, e sia diversa dalla relazione dell'erba a quell'evento. In un senso l'evento si può considerare come la situazione del verde, ed in un altro senso esso è la situazione del filo d'erba. Quindi, in un senso il filo d'erba è un attributo o proprietà che può essere predicato della situazione, mentre in un altro senso il verde è un attributo o proprietà dello stesso evento che costituisce altresí la sua situazione. In questo modo l'atto predicativo delle proprietà svela una radicale differenza di relazioni fra gli enti.

Di conseguenza, il termine « sostanza », che è correlativo al termine « predicamento », è qualcosa di ambiguo. Se ad ogni costo si dovesse cercare la sostanza, la ritroverei piuttosto negli eventi che sono in un certo senso l'ultima sostanza della natura.

La materia, nel senso scientifico moderno, rappresenta un ritorno ai tentativi della scuola ionica di ritrovare nello spazio e nel tempo qualcosa che componga la natura. Ha semplicemente un significato piú raffinato in confronto delle prime con-

getture sulla terra e sull'acqua, a causa di una certa vaga associazione con l'idea aristotelica di sostanza.

Terra, acqua, aria, fuoco e materia, ed infine l'etere, costituiscono una serie di pari valore riguardo alla loro caratteristica comune di essere postulati come sostrati ultimi della natura. Essi testimoniano della inesauribile vitalità della filosofia greca nel ricercare gli enti ultimi, i fattori del fatto rivelato nella sensazione. Da questa ricerca nasce la scienza.

Il processo di pensiero che s'inizia con le rozze congetture dei primi pensatori ionici e termina con l'etere della scienza del secolo XIX ci ammonisce che la concezione scientifica della materia è di fatto un concetto ibrido, per cui passa la filosofia progressiva verso il raffinato concetto aristotelico di sostanza, ed al quale ritorna la scienza nel reagire contro le astrazioni filosofiche. La terra, il fuoco e l'acqua della filosofia ionica e gli elementi geometrici del *Timeo* si possono paragonare alla materia ed all'etere della moderna concezione scientifica. Ma la sostanza rappresenta il concetto filosofico definitivo del sostrato che soggiace a qualunque attributo. La materia (nel senso scientifico) è già nello spazio e nel tempo. Cosicché la materia rappresenta il rifiuto di astrarre dalle caratteristiche spaziali e temporali e di pervenire al concetto puro di un ente individuale. Proprio questo rifiuto ha causato l'equivoco di introdurre nel fatto della natura il procedimento specifico del pensiero. L'ente, spogliato di tutte le proprie caratteristiche tranne quelle dello spazio e del tempo, ha assunto la forma fisica di ordito fondamentale della natura; cosicché il processo della natura è concepito semplicemente come il complesso di incidenti della materia nella sua avventura attraverso lo spazio.

Cosí l'origine della concezione della materia è la conseguenza dell'accettazione dogmatica dello spazio e del tempo come condizioni esterne per l'esistenza della natura. Con questo non intendo dire che non sorgano dubbi sullo spazio e sul tempo come componenti della natura. Voglio soltanto dire che « lo spazio e il tempo sono stati inconsciamente presupposti come ciò dentro

cui è posta la natura». Esattamente è questo il genere di pregiudizio che colora il pensiero in qualunque reazione contro le sottigliezze del criticismo filosofico. Secondo la mia interpretazione della formazione della teoria scientifica della materia, la filosofia ha in primo luogo illegalmente trasformato il mero ente, che è semplicemente un'astrazione necessaria al processo del pensiero, nel sostrato metafisico di quei fattori della natura che in diversi sensi vengono riferiti ad enti come loro attributi; e, in secondo luogo, gli scienziati (inclusi i filosofi che erano anche scienziati), per cosciente o incosciente ignoranza della filosofia, questo sostrato, in quanto sostrato degli attributi, lo supposero nondimeno situato nello spazio e nel tempo.

Il che costituisce evidentemente un equivoco. L'intero essere della sostanza consiste nell'esser un sostrato degli attributi, e quindi spazio e tempo dovrebbero essere attributi della sostanza. Ma evidentemente non possono essere attributi, se quale sostanza della natura si assume la materia; poiché è impossibile esprimere enunciati spazio-temporali senza richiamarsi a relazioni che implicano termini ben diversi dai frammenti di materia. Non insisto oltre su questo punto e passo ad un altro. Non la sostanza è nello spazio, ma gli attributi. Quel che ritroviamo nello spazio è il rosso della rosa, il profumo del gelsomino ed il rombo del cannone. Tutti ci siamo trovati nel caso di indicare al dentista dov'è il nostro mal di denti. Quindi lo spazio non è una relazione fra sostanze, ma fra attributi.

E allora, anche se si ammette che si possa concepire la sostanza come materia, è tuttavia un errore collocare la sostanza nello spazio, con la scusa che lo spazio esprime le relazioni fra le sostanze. È ormai ovvio che lo spazio non ha nulla a che fare con le sostanze, ma solo coi loro attributi. Intendo dire che, se si presume — e, a mio avviso, a torto — di costruire la nostra esperienza della natura come percezione degli attributi delle sostanze, questa teoria ci impedisce di ritrovare qualunque analoga relazione diretta fra le sostanze attraverso il loro rivelarsi nella esperienza. Non potremo ritrovare che relazioni fra gli

attributi delle sostanze. Cosí se la materia è concepita come una sostanza nello spazio, lo spazio in cui essa si trova non ha nulla a che fare con lo spazio della nostra esperienza.

La critica precedente è stata espressa nei termini della teoria di uno spazio relativo. Ma se lo spazio fosse assoluto — cioè se possedesse un'esistenza indipendente dalle cose che lo occupano — il corso della nostra argomentazione dovrebbe cambiare ben poco. Poiché le cose nello spazio devono possedere una certa relazione fondamentale con lo spazio. Questa relazione io la chiamo « occupazione ». E quindi vale ancora l'obiezione che nella relazione spaziale noi osserviamo gli attributi e non le sostanze.

La concezione scientifica della materia è strettamente congiunta con una teoria del tempo assoluto. La stessa critica fatta per le relazioni fra spazio e materia vale altresí per le relazioni fra tempo e materia. C'è comunque nelle teorie filosofiche correnti una differenza fra le due concezioni che m'interessa chiarire.

Lo spazio non è semplicemente una disposizione degli enti materiali per modo che uno qualunque di essi abbia certe relazioni rispetto agli altri. L'occupazione dello spazio conferisce un carattere specifico ad ogni ente materiale in se stesso. A causa di questa occupazione di spazio la materia possiede un'estensione. Per questa estensione ogni frammento di materia è divisibile in parti, ed ogni parte costituisce un ente numericamente distinto da ogni altra parte consimile. Parrebbe quindi che ogni ente materiale non sia in realtà un ente unico. È piuttosto una molteplicità essenziale di enti. Pare non sia possibile arrestarsi in questa dissociazione della materia in elementi molteplici se non si ammetta che ogni ente estremo occupa un punto individuo. Questa molteplicità essenziale degli enti materiali non è certo ciò che intende la scienza, né corrisponde ad alcunché rivelatoci dalla sensazione. È assolutamente necessario che ad un certo momento di questo processo dissociativo della materia ci si debba arrestare e che gli enti materiali cosí ottenuti vengano

trattati come unità. Il punto di arresto può essere arbitrario o può essere determinato dalle caratteristiche della natura; ma tutti i ragionamenti scientifici ad un certo punto desistono dall'analisi spaziale e si pongono il problema: « Qui c'è un ente materiale unico; che cosa accade ad esso come ente unitario? » Eppure questo ente materiale possiede ancora una propria estensione, e per questo riguardo è una mera molteplicità. Quindi, è essenziale alla natura una proprietà atomica, indipendentemente dalla dissociabilità dell'estensione. C'è qualcosa che in se stesso è uno, e che è qualcosa di piú dell'aggregato logico degli enti occupanti i punti del volume occupato dall'unità. In effetti, possiamo essere alquanto scettici riguardo a questi enti ridotti a punti, e dubitare se mai esistano enti del genere. Essi possiedono una caratteristica che mette in diffidenza: quella di costringerci ad ammetterli in virtú della astratta logica anziché dell'osservazione dei fatti.

Il tempo nell'interpretazione filosofica corrente non esercita la stessa azione disintegratrice sulla materia che l'occupa. Se la materia occupa una certa durata, l'intera materia occupa ogni parte di quella durata. E quindi la relazione fra materia e tempo differisce dalla relazione fra spazio e tempo, secondo l'interpretazione corrente della filosofia scientifica. Evidentemente è molto piú difficile concepire il tempo come il risultato delle relazioni fra differenti parti di materia di quanto non sia l'analoga concezione dello spazio. Ad un istante dato distinti volumi di spazio sono occupati da frammenti distinti di materia; e quindi, per questo riguardo, non c'è alcuna difficoltà intrinseca a concepire lo spazio come la mera risultante delle relazioni fra i frammenti di materia. Ma nel tempo unidimensionale lo stesso frammento di materia occupa porzioni differenti di tempo; e quindi il tempo si dovrebbe poter esprimere per mezzo delle relazioni di un frammento di materia con esso. Personalmente io credo nella relatività sia dello spazio che del tempo, ma non mi persuade la forma corrente della relatività dello spazio che presenta i frammenti di materia come termini di riferimento

per le relazioni spaziali. I veri termini di riferimento sono gli eventi. La distinzione posta or ora fra tempo e spazio relativamente alla loro relazione con la materia dimostra in modo evidente che qualunque concezione tratti in modo analogo il tempo e lo spazio non può seguire la via tradizionale di considerare la materia come un elemento fondamentale per la formazione dello spazio.

La filosofia della natura prese una piega sbagliata durante il suo sviluppo nel pensiero greco. Questa impostazione erronea è vaga ed informe nel *Timeo* di Platone: il fondamento del suo pensiero è ancora indefinito e si può spiegare semplicemente come una deficienza della spiegazione dovuta e come un atto di cautela. Ma nella trattazione aristotelica le concezioni correnti vennero consolidate e rese definitive in modo da causare un'errata analisi della relazione tra la materia e la forma della natura rivelata dalla sensazione. In quest'ultima espressione il termine « materia » non è usato nel suo significato scientifico.

Termino col prevenire una interpretazione errata. È evidente che la concezione comune della materia consacra alcune leggi fondamentali della natura. Un esempio qualunque chiarirà che cosa intendo dire. In un museo, per esempio, un certo campione è chiuso a chiave in una vetrina. Ci resta per anni: perde i propri colori e magari cade a pezzi; ma è sempre lo stesso campione, e gli stessi elementi chimici e la stessa quantità di tali elementi è presente dopo com'era presente prima. Cosí l'ingegnere e l'astronomo hanno a che fare coi movimenti di cose che permangono effettivamente nella natura. Qualunque teoria della natura, che dimenticasse per un solo momento questi grandi fatti basilari dell'esperienza, sarebbe semplicemente ridicola. Ma è lecito far notare che il significato scientifico di questi fatti è finito soffocato in un intrico metafisico di dubbio valore; e che, se eliminiamo la metafisica e ritorniamo ad una visione spontanea e non pregiudicata della natura, potremo gettare nuova luce su molti concetti fondamentali che dominano la scienza e guidano il progresso della ricerca.

II. Teorie della duplicità della natura

Nel precedente capitolo ho criticato il concetto della materia concepita come una sostanza di cui percepiremmo gli attributi. Ritengo che la ragione storica dell'introduzione del concetto di materia nella scienza sia da ricercarsi in questo modo di concepirla; modo che perdura tuttora in confuso al fondo dei nostri pensieri, e dà in apparenza un aspetto cosí evidente alla dottrina scientifica comune. Cioè noi ci consideriamo come percipienti gli attributi delle cose, e le cose di cui percepiamo gli attributi ci appaiono come frammenti di materia.

Nel secolo XVII la semplicità idillica di questa interpretazione fu scossa gravemente. In quell'epoca si vennero elaborando le teorie scientifiche della propagazione, che verso la fine del secolo raggiunsero una formulazione ormai indiscutibile, se pure le loro forme particolari abbiano subíto modificazioni successive. La messa a punto di queste teorie della propagazione segna una svolta nelle relazioni tra scienza e filosofia. Alludo in special modo alle teorie della luce e del suono. Non v'è dubbio che queste teorie erano vagamente nell'aria da parecchio tempo, come ovvii suggerimenti del senso comune, poiché nel pensiero non vi è mai nulla di completamente nuovo. Ma solo in quell'epoca si raggiunse una formulazione sistematica ed esatta, e se ne dedussero senza riserve tutte le conseguenze. E l'effettiva scoperta di una teoria è appunto caratterizzata dalla definizione di un metodo che permetta di dedurne con serietà tutte le conseguenze. Vennero formulate in modo definitivo e sistematico le

teorie consideranti la luce e il suono come qualcosa di proveniente dai corpi emittenti; ed in particolare Newton stabilí chiaramente la connessione della luce coi colori.

Questo risultato distrusse completamente il semplicismo della teoria percettiva di « sostanza e attributo ». Quanto vediamo dipende dalla luce che penetra nell'occhio. Inoltre non percepiamo neppure ciò che penetra nell'occhio. Le cose trasmesse sono onde o — come pensava Newton — particelle; mentre le cose viste sono colori. Locke affrontò questa difficoltà con la teoria delle qualità primarie e secondarie. Ossia, vi sono alcuni attributi della materia che possiamo percepire: le qualità primarie. Ma vi sono altre caratteristiche da noi percepite, come i colori, che non sono attributi della materia, sebbene vengano percepite come se lo fossero. Queste sono le qualità secondarie.

Per quale ragione dovremmo percepire le qualità secondarie? Questo percepire una quantità di cose che non esistono appare proprio una trovata infelice. Eppure è questo il risultato a cui riesce di fatto la teoria delle qualità secondarie. Attualmente la filosofia e la scienza accettano senza discutere l'asserzione che non si può dare nessuna spiegazione coerente di come la natura si rivela nella sensazione senza che vengano anche messe in discussione le sue relazioni con lo spirito. L'interpretazione moderna della natura non è semplicemente, come dovrebbe, un'interpretazione di quanto lo spirito conosce della natura; ma viene complicata con un'interpretazione dell'azione della natura sullo spirito. Il risultato è riuscito disastroso tanto per la scienza quanto per la filosofia, ma specialmente per la filosofia. Esso ha trasformato il grande problema delle relazioni fra natura e spirito in quello meschino dell'interazione fra il corpo umano e lo spirito.

La polemica di Berkeley contro la materia era basata su questa confusione introdotta dalla teoria della propagazione della luce. Egli propugnò, a mio parere giustamente, l'abbandono della concezione della materia nella forma attuale, sebbene non avesse altro da sostituirvi che una teoria della relazione degli

spiriti finiti con lo spirito divino. Ma il nostro proposito è di limitarci alla natura in se stessa e di non andare al di là degli enti che ci vengono rivelati nella sensazione.

Diamo per ammesso l'atto percettivo in se stesso. Teniamo sí conto delle sue condizioni, ma solo per quel tanto che tali condizioni fanno parte del processo della percezione; e lasciamo ai metafisici la sintesi di conoscente e conosciuto. Si rendono indispensabili alcuni chiarimenti ulteriori a sostegno di questa posizione, con lo scopo di rendere comprensibile il nostro orientamento.

Il primo punto da discutere è questo: che ogni interpretazione metafisica è un'intrusione illegittima nella filosofia della scienza naturale. Per interpretazione metafisica intendo una discussione sul « come » (al di là della natura) e sul « perché » (al di là della natura) del pensiero e della sensazione. Nella filosofia delle scienze cerchiamo le nozioni generale applicabili alla natura, cioè a quel che avvertiamo nella percezione. Si tratta della filosofia delle cose percepite, che non si dovrebbe confondere mai con la metafisica della realtà, la cui indagine implica il percipiente ed il percepito ad un tempo. Nessuno dei dubbi riguardanti l'oggetto della conoscenza si può sciogliere dicendo che vi è uno spirito a conoscerlo [1].

In altre parole, il nostro punto di vista è questo: la sensazione è sempre un avvertimento di qualche cosa. Qual è dunque il carattere generale di questo qualche cosa che avvertiamo? La nostra indagine non è rivolta al percipiente o al processo, ma al percepito. Insisto su questo punto perché le discussioni sulla filosofia della scienza riescono di solito estremamente metafisiche — a mio parere, — con gran detrimento dell'argomento.

Ricorrere alla metafisica è come gettare un fiammifero in un deposito di polveri: si fa saltare in aria tutto quanto. Questo è appunto ciò che fanno i filosofi scientifici, quando vengono messi alle strette e convinti d'incoerenza. Improvvisamente ti-

[1] Cfr. *Enquiry*, prefazione.

rano in ballo lo spirito e parlano di enti mentali ed extra-mentali, a seconda dei casi. Per la filosofia naturale ogni cosa percepita è in natura: non possiamo scegliere o distinguere. Per noi i bagliori rossi del tramonto fan parte della natura quanto le molecole e le onde elettriche, con cui gli uomini di scienza pretendono spiegare il fenomeno. Còmpito della filosofia naturale è precisamente studiare come si connettano questi vari elementi della natura.

Nell'avanzare questa esigenza intendo adottare, di fronte alla conoscenza percettiva, quell'atteggiamento immediato e istintivo che viene abbandonato soltanto in seguito all'influsso della teoria. D'istinto siamo disposti a credere che con la dovuta attenzione si possa scoprire nella natura piú di quanto non si colga a prima vista. Ma noi non ci accontenteremo di questo minimo. Noi chiediamo alla filosofia della scienza una qualche spiegazione della coerenza delle cose conosciute nella percezione.

Con ciò rifiutiamo di far nostra qualunque teoria che parli di accrescimenti apportati dalla coscienza all'oggetto della percezione. Per esempio, quanto ci è dato nella percezione è l'erba verde. Noi riconosciamo questo oggetto come un ingrediente della natura. La teoria degli accrescimenti psichici vorrebbe trattare la qualità del verde come un'aggiunta psichica fornita dallo spirito percipiente; e vorrebbe lasciare alla natura soltanto le molecole e l'energia raggiante che influenza lo spirito attraverso la percezione. Obietto che il tirare in ballo questa facoltà dello spirito di fare aggiunte per proprio conto alle cose offerte alla conoscenza nella sensazione, è semplicemente un modo di eludere il problema della filosofia naturale. Questo problema consiste nel discutere le relazioni delle cose conosciute fra di loro, astraendo dal fatto che sono conosciute. La filosofia naturale non dovrebbe mai chiedere che cosa è nello spirito e che cosa nella natura. Fare questo significa ammettere di non essere riusciti ad esprimere le relazioni fra le cose percettivamente conosciute, cioè ad esprimere quelle relazioni naturali, nella cui formula-

zione consiste la filosofia naturale. Può darsi che questo sia per noi un còmpito troppo arduo, che le relazioni siano troppo complesse e troppo varie per le nostre capacità conoscitive, oppure siano troppo banali per meritare la fatica di una trattazione. È vero altresí che in questo modo abbiamo imboccato una via molto ristretta per formulare in modo adeguato tali relazioni. Ma almeno non cerchiamo di nascondere la nostra debolezza con una teoria dell'azione sussidiaria dello spirito percipiente.

Protesto specialmente contro la duplicazione della natura in due sistemi di realtà, reali ambedue ma in senso diverso. Una realtà sarebbe costituita da enti del tipo degli elettroni, materia di studio per la fisica speculativa. Questa sarebbe la realtà a disposizione della conoscenza; sebbene secondo questa concezione essa non venga mai conosciuta, poiché ciò che si conosce è l'altra specie di realtà, l'azione sussidiaria dello spirito. Cosí vi sarebbero due nature: la prima delle quali sarebbe un'ipotesi e la seconda un sogno.

Un altro modo di esprimere la teoria che sto criticando consiste nel duplicare la natura in due sezioni, ossia nella natura appresa nella sensazione e nella natura che è causa della sensazione. La natura che costituisce il fatto della sensazione contiene in sé il verde degli alberi, il canto degli uccelli, il calore del sole, la durezza della sedia, l'impressione del velluto. L'altra natura invece, che è la causa della sensazione, viene immaginata come un sistema di molecole e di elettroni che agiscono sullo spirito in modo da provocare la sensazione della natura apparente. Il punto d'incontro delle due nature sarebbe lo spirito, su cui la natura causale eserciterebbe il suo influsso e di cui la natura apparente sarebbe l'influsso.

In relazione a questa duplicità della natura si presentano subito quattro problemi. Essi riguardano: 1) la causalità, 2) il tempo, 3) lo spazio, 4) la possibilità di errore. Questi problemi non sono di fatto separabili; rappresentano semplicemente quattro punti di partenza distinti per entrare nella discussione di tale teoria.

La natura causale è ciò che influisce sullo spirito, e lo spirito è la causa onde deriva la natura apparente. Non si deve confondere questa concezione della natura causale col concetto ben diverso di una parte della natura che è causa di un'altra parte. Per esempio, il bruciare del fuoco e la propagazione del calore da esso allo spazio interposto è la causa per la quale il corpo, i nervi ed il cervello funzionano in un modo determinato. Ma questo non è un effetto della natura sullo spirito: è un'interazione fra elementi della natura. Il concetto di causa implicato da questa interazione ha un senso diverso dall'influsso di questo sistema di interazioni corporee facenti parte della natura sullo spirito estraneo ad essa, il quale però in seguito a ciò percepisce il rosso ed il calore.

La teoria della duplicità tenta di presentare la scienza naturale come un'investigazione della causa del fatto della conoscenza. Tenta cioè di presentare la natura apparente come un prodotto dello spirito, sotto l'azione della natura causale. L'intera concezione si basa in parte sull'assunzione implicita che lo spirito possa conoscere soltanto ciò che esso stesso ha prodotto e contiene in qualche modo in se stesso, sebbene richieda un'occasione esteriore per originare e determinare il carattere della propria attività. Ma, trattando della conocenza, dobbiamo far piazza pulita di tutte queste metafore spaziali, del tipo « dentro lo spirito » e « al di fuori dello spirito ». La conoscenza è un dato irriducibile. Non ci può essere spiegazione alcuna del « perché » della conoscenza; possiamo solo descrivere che cosa è. Cioè possiamo analizzarne il contenuto e le interne relazioni, ma non possiamo spiegare perché ci sia la conoscenza. Quindi la natura causale è una chimera metafisica, sebbene ci sia bisogno di una metafisica, il cui orizzonte deve trascendere i confini della natura. Il còmpito di tale metafisica non è di spiegare la conoscenza, bensí di interpretare, possibilmente nella sua completezza, il nostro concetto della realtà.

Comunque, bisogna ammettere che la teoria della causalità della natura ha un seguito imponente. Il motivo per cui il con-

cetto di duplicità è sempre tornato ad insinuarsi nella filosofia della scienza sta nell'estrema difficoltà di sistemare le percezioni del caldo e del rosso del fuoco in un sistema di relazioni che comprenda altresí le molecole in movimento del carbonio e dell'ossigeno, l'energia irradiata da esse e le varie reazioni del corpo umano. A meno che non produciamo noi stessi le relazioni d'insieme, ci troviamo di fronte ad una duplicazione della natura; ossia il calore ed il rosso da una parte, e le molecole, gli elettroni e l'etere dall'altra. Nel qual caso i due fattori vengono interpretati rispettivamete come la causa e la reazione dello spirito alla causa.

Il tempo e lo spazio sembra allora che producano quelle relazioni d'insieme, su cui insistono gli avvocati della filosofia dell'unità della natura. Il rosso ed il calore del fuoco dati dalla percezione sono perfettamente determinati nel tempo e nello spazio in relazione alle molecole del fuoco ed alle molecole del corpo umano.

Non esagero dicendo che la determinazione del significato della natura si riduce principalmente alla discussione delle caratteristiche dello spazio e del tempo. Nei capitoli seguenti esporrò il mio punto di vista riguardo al tempo ed allo spazio. Cercherò di dimostrare che essi sono astrazioni ottenute dagli elementi piú concreti della natura; cioè dagli eventi. La disamina dei particolari del processo astrattivo mostrerà come spazio e tempo siano fra loro connessi; e perverremo alla fine al genere di rapporti fra le loro misurazioni che risultano dalla moderna teoria della relatività elettromagnetica. Ma queste asserzioni rappresentano un'anticipazione dello sviluppo successivo del nostro discorso. Attualmente desidero invece vedere se la concezione comune dello spazio e del tempo riesca o fallisca nel tentativo di concepire la natura in modo unitario.

Esaminiamo anzitutto le teorie dello spazio e del tempo assoluti. Dobbiamo considerare tanto lo spazio quanto il tempo ciascuno come un sistema separato e indipendente, ciascuno dei due sistemi noto a noi in sé e per sé in rapporto alla nostra

conoscenza degli eventi della natura. Il tempo è la successione ordinata di istanti senza durata; e questi istanti ci sono noti semplicemente come i termini di riferimento del rapporto seriale che costituisce l'ordine temporale, e l'ordine temporale ci è noto semplicemente in quanto collegante gli istanti. Ossia, la relazione temporale e gli istanti ci sono noti congiuntamente nella nostra apprensione del tempo, e ciascuno implica l'altro.

Questa è la teoria del tempo assoluto. Sinceramente confesso che mi riesce ben poco plausibile. Nel mio processo conoscitivo non riesco a trovare nulla che corrisponda al puro tempo della teoria assolutistica. Il tempo mi è noto come un'astrazione effettuata sul fluire degli eventi. Il fatto fondamentale, che rende possibile questa astrazione, è il fluire della natura, il suo divenire, il suo processo creativo; e, collegata a questo fatto, vi è un'altra caratteristica della natura: la relazione «estensiva» degli eventi. Questi due fatti, il fluire degli eventi e l'estendersi degli eventi l'uno sopra l'altro, sono a mio parere le qualità da cui si originano le astrazioni dello spazio e del tempo. Ma questa conclusione anticipa i risultati del mio ragionamento successivo.

Per ora, ritornando alla teoria assolutistica, bisogna supporre che il tempo ci sia noto indipendentemente da qualunque evento nel tempo. Quanto accade nel tempo occupa tempo. Questa relazione degli eventi al tempo occupato, cioè questa relazione di occupazione, è fondamentale della natura del tempo. Quindi questa teoria esige la coscienza di due relazioni fondamentali: la relazione di successione degli istanti, e la relazione di occupazione del tempo fra gli istanti del tempo e le situazioni di natura che si succedono ad ogni istante.

Due considerazioni offrono un forte sostegno alla teoria dominante del tempo assoluto. In primo luogo, il tempo si estende al di là della natura: ad es. i nostri pensieri avvengono nel tempo, e quindi pare impossibile dedurre il tempo semplicemente dalle relazioni fra gli elementi della natura. In tal caso infatti le relazioni temporali non dovrebbero valere per il pen-

siero. Quindi, per usare una metafora, il tempo avrebbe in apparenza radici nella realtà piú profonde della natura, poiché ci è possibile immaginare pensieri ordinati nel tempo senza alcun riferimento ad una natura percepita. Possiamo benissimo immaginare uno degli angeli di Milton fornito di pensieri che si succedano l'un l'altro nel tempo, e non occorre per questo che egli abbia saputo che l'Onnipotente ha creato lo spazio e vi ha posto dentro un universo materiale. Come dato di fatto ritengo che Milton ponga lo spazio sullo stesso piano assoluto del tempo, ma ciò non infirma la validità del nostro esempio. In secondo luogo, è difficile dedurre l'effettivo carattere seriale del tempo dalla teoria relativistica. Ogni istante è irrevocabile e non può ripetersi senza contraddire al carattere essenziale del tempo. Ma, se per la teoria relativistica un istante del tempo è semplicemente lo stato della natura in quel momento, e l'ordine temporale è semplicemente la relazione fra tali stati della natura, allora parrebbe che l'irrevocabilità del tempo significhi che uno stato attuale della natura non può mai ripetersi. Certo, pare improbabile che esista una simile possibilità anche per il piú piccolo particolare, ma qui non si tratta di semplice improbabilità. La nostra ignoranza è cosí abissale che i nostri giudizi di probabilità e improbabilità riferiti al futuro hanno ben scarso valore. La difficoltà della questione consiste in questo che l'esatta ripetizione di uno stato di natura sembra soltanto improbabile, mentre il ripetersi di un solo istante del tempo contraddice l'intero nostro concetto dell'ordine temporale. Gli istanti trascorsi sono trascorsi e non possono mai piú ritornare. La scelta di una qualunque teoria del tempo deve tener conto di queste due condizioni che rappresentano i pilastri della teoria assolutistica. Ma continuiamo l'esame di essa.

La teoria dello spazio assoluto è analoga alla corrispondente teoria del tempo, ma le ragioni in suo sostegno sono piú deboli. Lo spazio, secondo questa teoria, è un sistema di punti senza estensione, i quali costituiscono i termini di riferimento delle relazioni di ordine spaziale, e queste si possono tecnicamente

riunire in una relazione unica. Questa relazione non sistema i punti in una serie lineare analogamente al procedimento semplice dell'ordine temporale rispetto agli istanti. Le caratteristiche logiche di questa relazione, da cui conseguono tutte le proprietà dello spazio, sono espresse dai matematici negli assiomi della geometria. Da questi assiomi, come essi vengono definiti dai matematici moderni [1], si può dedurre l'intera scienza della geometria seguendo il piú rigoroso metodo logico. I particolari di questi assiomi non ci interessano. Nella nostra apprensione dello spazio i punti e le relazioni ci appaiono strettamente connessi, e ciascuno implica l'altro. Quanto accade nello spazio occupa spazio. Questo rapporto di occupazione non viene di solito riferito agli eventi ma agli oggetti. Si dirà, per esempio, che occupa uno spazio la statua di Pompeo, ma non l'evento costituito dall'assassinio di Giulio Cesare. Per questo riguardo considero come impropria la terminologia corrente e sostengo che le relazioni degli eventi con lo spazio e col tempo sono analoghe sotto tutti i rispetti. Ma di nuovo mi sorprendo ad insinuare mie opinioni personali che formeranno oggetto di discussione nei capitoli successivi. Dunque, la teoria dello spazio assoluto esige la coscienza di due relazioni fondamentali: l'ordine spaziale che si attua fra i punti e l'occupazione spaziale che ha luogo fra i punti dello spazio e gli oggetti materiali.

Questa teoria manca dei due maggiori sostegni della corrispondente teoria del tempo assoluto. In primo luogo, lo spazio non si estende al di là della natura nel senso in cui pare avvenga per il tempo; i nostri pensieri non sembra occupino spazio proprio nello stesso modo essenziale con cui essi occupano tempo. Per es., se mi sono trovato a pensare in una stanza, in questo senso i miei pensieri sono nello spazio. Ma pare non abbia senso chiedersi quale volume della stanza essi occupassero, se un decimetro cubo o un centimetro cubico; mentre quegli stessi pensieri

[1] Cfr. per es. VEBLEN e YOUNG, *Projective Geometry*, Boston, I, 1910; II, 1917.

occupano una durata di tempo ben determinata, dalle undici alle dodici di un certo giorno.

Quindi, mentre si richiede che i rapporti di una teoria relativistica del tempo valgano anche per i pensieri, non pare altrettanto ovvio che i rapporti di una teoria relativistica dello spazio valgano per i medesimi. La connessione del pensiero con lo spazio pare abbia un carattere indiretto che manca invece nella connessione del pensiero col tempo.

E ancora, l'irrevocabilità del tempo pare non trovi alcun parallelo per lo spazio. Lo spazio, nella teoria relativistica, è il risultato di certe relazioni fra gli oggetti di cui comunemente si dice che sono nello spazio; e non c'è spazio se non ci sono oggetti posti cosí in relazione. Pare non nasca alcuna difficoltà simile a quella rappresentata dagli istanti del tempo, cosí difficili da trattare che potrebbero a buon diritto ripresentarsi di nuovo quando crediamo che siano definitivamente passati.

La teoria dello spazio assoluto ormai non è piú accettata universalmente. La conoscenza di uno spazio puro, come un sistema di enti noto in se stesso e per se stesso, indipendentemente dalla conoscenza degli eventi della natura, pare ormai che non corrisponda ad alcunché di effettivo della nostra esperienza. Lo spazio, come il tempo, ci appare piuttosto come un'astrazione derivata dagli eventi. Secondo la mia teoria, esso si differenzia dal tempo solo a uno stadio alquanto sviluppato del processo astrattivo. Il modo piú comune di interpretare la teoria relativistica dello spazio consisterebbe nel considerare lo spazio come un'astrazione dalle relazioni degli oggetti materiali.

Supponiamo ora di accettare uno spazio ed un tempo assoluti. Che importanza ha questa assunzione per il concetto di una natura duplicata in natura causale e natura apparente? Senza dubbio la distanza fra le due nature risulta ora assai diminuita. Avranno in comune due sistemi di rapporti; poiché si può supporre che ambedue le nature occupino lo stesso spazio e lo stesso tempo. La teoria è appunto questa: gli eventi causali occupano determinati periodi del tempo assoluto e determinate

posizioni dello spazio assoluto; questi eventi influenzano uno spirito, che di conseguenza percepisce certi eventi apparenti, i quali occupano determinati periodi del tempo assoluto e determinate posizioni dello spazio assoluto; ed i periodi e le posizioni occupate dagli eventi apparenti stanno in una relazione determinata ai periodi ed alle posizioni occupate dagli eventi causali.

Di piú, eventi causali definiti dànno origine nello spirito ad eventi apparenti definiti; e gli errori del senso sono eventi apparenti che si presentano in periodi temporali e posizioni spaziali senza l'intervento di questi eventi causali che hanno la proprietà di influire sullo spirito al fine di produrre le loro percezioni.

La teoria nel suo insieme è perfettamente coerente, e non si può sperare con questa discussione di portare una teoria cattiva ad una contraddizione logica. Un ragionatore, a meno commetta sbagli elementari, si involge in una contraddizione soltanto se viene spinto ad una *reductio ad absurdum*. La ragione sostanziale per respingere una teoria filosofica è piuttosto l'assurdo a cui essa ci costringe. Nel caso della filosofia della scienza naturale l'assurdo può essere dato solo dal fatto che la nostra conoscenza percettiva non abbia il carattere attribuitole dalla teoria. Se il nostro avversario assicura che il suo processo conoscitivo ha tale carattere, noi possiamo soltanto convenire di essere diversi, una volta che si sia accuratamente accertato che ci comprendiamo l'un l'altro. Quindi, il primo dovere di chi espone una teoria da cui dissente è di presentarla come un pensiero logico. Il suo motivo di dubbio non sta qui.

Permettetemi di riassumere le critiche fatte finora a questa concezione della natura. Anzitutto, si preoccupa della causa del conoscere anziché occuparsi del carattere delle cose conosciute; inoltre, postula una conoscenza del tempo in se stesso indipendentemente dagli eventi posti nel tempo; in terzo luogo, postula una conoscenza dello spazio in se stesso indipendente dagli eventi situati in esso. Oltre a queste, ci sono ancora altre crepe nella teoria.

Si mette in luce la situazione artificiosa della natura causale in questa concezione col domandarsi a qual titolo si suppone che la natura causale occupi tempo e spazio. Questa domanda investe proprio il problema fondamentale delle caratteristiche che la natura causale dovrebbe avere in comune con la natura apparente. Perché, secondo questa teoria, la causa che produce la percezione dello spirito dovrebbe avere qualche caratteristica in comune con la natura apparente che ne deriva? In particolare, perché dovrebbe trovarsi nello spazio? perché nel tempo? E, piú in generale, che cosa conosciamo dello spirito che ci permetta di arguire le caratteristiche particolari di una causa, la quale dovrebbe determinare nello spirito particolari effetti?

Il fatto che il tempo trascende la natura offre un sostegno ben debole per inferirne che la natura causale debba trovarsi nel tempo. Invero, se lo spirito occupa periodi di tempo, ciò costituisce un motivo, se pur vago, per supporre che la causa che influisce su di esso occupi gli stessi periodi di tempo, o almeno periodi che sono in stretto rapporto coi periodi dello spirito. Ma poiché lo spirito non occupa spazio, pare non ci sia ragione alcuna che la natura causale debba occupare volumi di spazio. Pertanto lo spazio parrebbe mera apparenza, nello stesso senso in cui è meramente apparente la natura apparente. Di conseguenza, se còmpito della scienza è proprio di investigare le cause che operano sullo spirito, essa appare come completamente fuori strada nel supporre che le cause, che essa indaga, possiedano relazioni spaziali. Inoltre, nella nostra conoscenza non si trova nulla di analogo alle cause che dovrebbero determinare lo spirito alla percezione. E quindi, oltre al gratuito presupposto che esse siano nel tempo, non c'è in realtà altro fondamento che ci permetta di determinare alcun aspetto della loro natura. Esse sono condannate a restare eternamente sconosciute.

Ma per me è un assioma che la scienza non è un racconto fantastico: essa non ha il còmpito di inventare enti inconoscibili forniti di proprietà fantastiche ed arbitrarie. Qual è dunque il

lavoro della scienza, e che cosa ci garantisce che questo lavoro sia davvero importante? Rispondo che la scienza determina i caratteri delle cose conosciute, cioè i caratteri della natura apparente. Ma possiamo anche eliminare il termine « apparente », poiché non esiste che una sola natura, cioè la natura che ci sta davanti nella conoscenza percettiva. Le caratteristiche che la scienza discerne nella natura sono difficili a cogliere, non ovvie a prima vista; sono relazioni di relazioni e caratteristiche di caratteristiche. Ma, nonostante tutta la loro sottigliezza, sono impresse con una certa semplicità, per cui è essenziale tenerne conto nel dipanare le relazioni complesse che hanno luogo fra le caratteristiche piú persistenti della percezione.

Il fatto che la duplicazione della natura in causale ed apparente non riesca ad esprimere il significato del nostro processo conoscitivo, risulta evidente da una discussione delle cause delle nostre percezioni. Ad esempio, il fuoco arde e noi vediamo un carbone ardente. La scienza spiega questo fatto con l'energia irradiata dal carbone che penetra nell'occhio. Ma nel costruire tale spiegazione non ci domandiamo che genere di avvenimenti si richiedano per far sí che uno spirito veda il colore rosso. La catena delle cause è affatto diversa, e lo spirito ne è interamente escluso. Il vero problema va posto in questi termini: quando nella natura si trova il colore rosso, che altro ancora vi si deve trovare? Ossia, richiediamo un'analisi di quanto accompagna in natura la rivelazione del colore rosso, elemento della natura. In un capitolo successivo svilupperò questo argomento; qui richiamo semplicemente l'attenzione su di esso per far notare che la teoria ondulatoria della luce non è stata adottata per il fatto che le onde siano proprio gli elementi che permettono a uno spirito di percepire i colori. Ciò non contribuisce affatto all'evidenza dimostrativa della teoria ondulatoria, mentre è l'unico argomento di rilievo della teoria causale della percezione. In altre parole, la scienza non pone in discussione le cause della conoscenza, ma la coerenza della conoscenza. La comprensione cui

aspira la scienza è una comprensione dei rapporti all'interno della natura.

Finora ho discusso la duplicazione della natura in relazione alle teorie del tempo e dello spazio assoluto. E questo perché l'introduzione delle teorie relativistiche indebolisce la concezione della duplicità, mentre io desideravo concederle il vantaggio dei suoi fondamenti piú saldi.

Supponiamo per ipotesi di adottare la teoria relativistica dello spazio. Allora lo spazio, in cui si dispone la natura apparente, risulta l'espressione di certi rapporti fra gli oggetti apparenti; diventa un insieme di rapporti apparenti fra termini di riferimento apparenti. La natura apparente è il sogno, ed i rapporti apparenti dello spazio sono rapporti di sogno, mentre lo spazio è lo spazio del sogno. Del pari, lo spazio in cui si svolge la natura causale è l'espressione di speciali rapporti fra gli oggetti causali; è l'espressione di speciali fatti, conseguenze dell'attività causale che sta dietro la scena. Quindi lo spazio causale appartiene ad un ordine di realtà differente dallo spazio apparente e non c'è alcun punto di connessione logica fra i due ordini, come non ha senso dire che le molecole dell'erba sono in qualche posto che sta in un rapporto determinato con l'erba che vediamo. Questa conclusione è del tutto paradossale e toglie significato a qualunque fraseologia scientifica. La situazione peggiora se ammettiamo la relatività del tempo; poiché le stesse argomentazioni sono applicabili anche al tempo e lo scindono in tempo del sogno e tempo causale, appartenenti a due ordini differenti della realtà.

Nelle pagine precedenti ho discusso la forma estrema che può assumere la teoria della duplicità; la quale è, a mio parere, la formulazione piú sostenibile, ma il suo estremo rigore la rende piú facilmente attaccabile dalla critica. La forma intermedia sostiene invece che la natura di cui parliamo è sempre la natura direttamente conosciuta, e per questo non accetta la teoria della duplicità assoluta. Sostiene invece che alla natura, conosciuta cosí com'è, si fanno aggiunte fisiche, le quali non

sono propriamente parti della natura. Per esempio, noi percepiamo la palla rossa del bigliardo nel tempo e luogo suoi propri, col suo proprio moto, durezza ed inerzia. Ma la sua colorazione, il suo calore ed il suono che produce la stecca su di essa sono aggiunte fisiche, cioè qualità secondarie che costituiscono soltanto il modo che il nostro spirito ha di percepire la natura. Questa non è soltanto la teoria genericamente piú diffusa; ma rappresenta anche, io credo, la forma storica della teoria della duplicità, per quel tanto almeno che essa ha di filosofico. La denominerò la teoria delle aggiunte fisiche.

Questa teoria è una sana espressione del senso comune, che attribuisce enorme importanza alla realtà evidente dello spazio, del tempo, della rigidità e dell'inerzia, mentre disprezza le minori aggiunte estetiche del colore, del calore e del suono.

La teoria è propriamente il risultato del senso comune in ritirata. Sorge in un'epoca in cui si stavano già elaborando le teorie scientifiche della trasmissione. Il colore, ad esempio, risulta da una propagazione dall'oggetto materiale all'occhio del percipiente; e quanto viene propagato in tal modo non è il colore. Quindi, il colore non fa parte della realtà dell'oggetto materiale. Per la stessa ragione anche i suoni si staccano dalla natura, ed anche il calore è dovuto al passaggio di qualcosa che non è calore. Cosí noi siamo abbandonati alle posizioni spazio-temporali ed a ciò che potrei denominare « l'urto » ricevuto dal corpo. Questo ci porta al materialismo dei secoli XVII e XIX, cioè alla credenza che la sola realtà della natura sia la materia, collocata nel tempo e nello spazio e dotata di inerzia.

Evidentemente nel separare alcune percezioni dovute al tatto dalle altre, si postula una distinzione qualitativa. Le percezioni tattili sono percezioni dell'inerzia reale, mentre le altre percezioni sono aggiunte fisiche, che vanno spiegate con la teoria causale. Questa distinzione è il prodotto di un'epoca in cui le scienze fisiche erano piú progredite della patologia medica e della fisiologia. Le percezioni di urto sono il risultato di una

trasmissione altrettanto che le percezioni di colore: quando si percepisce un colore, i nervi del corpo vengono eccitati in un certo modo e trasmettono il proprio messaggio al cervello, e quando si ha la percezione di un urto, altri nervi del corpo vengono eccitati in un certo altro modo e ancora trasmettono il proprio messaggio al cervello. Il messaggio del primo genere non trasmette un colore, allo stesso modo che il messaggio del secondo genere non trasmette un urto; ma in un caso si percepisce il colore e nell'altro l'urto dovuto all'oggetto. Se recidete certi nervi, ha fine la percezione del colore, e se ne recidete certi altri ha fine la percezione dell'urto. Risulta da ciò che qualunque motivo induca ad estraniare il colore dalla realtà della natura, deve altresí condurre ad eliminarne l'inerzia.

Cosí il tentativo di duplicare la natura apparente in due parti, delle quali una sia causa ad un tempo delle proprie apparenze e delle apparenze dell'altra parte, meramente apparente, fallisce per l'impossibilità di stabilire qualsiasi distinzione fondamentale fra i due modi diversi di conoscere rispetto alle due parti della natura cosí duplicata. Non nego che storicamente il senso dello sforzo muscolare abbia portato alla formulazione del concetto di forza. Ma questo fatto storico non ci può assicurare che in natura si debba attribuire all'inerzia materiale una realtà superiore a quella del colore e del suono. Per quanto riguarda la realtà tutte le nostre percezioni sono sullo stesso piano, e devono essere trattate secondo gli stessi principî. L'uniformità di trattamento è proprio ciò che questa teoria di compromesso non riesce ad attuare.

Tuttavia la teoria della duplicità è dura a morire. E infatti è difficile superare la difficoltà di armonizzare nello stesso sistema di enti il rosso del fuoco e il movimento delle molecole. In un altro capitolo esporrò il mio modo di interpretare l'origine di questa difficoltà e di risolverla.

Un'altra soluzione che incontra favore, e che è una forma piú attenuata della teoria della duplicità della natura, consiste nel sostenere che le molecole e l'etere della scienza sono meri con-

cetti. Quindi, non ci sarebbe che una sola natura, cioè la natura apparente, mentre gli atomi e l'etere sarebbero solo nomi per indicare i termini logici delle formule del calcolo.

Ma che è una formula di calcolo? Presumibilmente consiste nello stabilire che questo o quest'altro è vero riguardo agli avvenimenti della natura. Considerate la piú semplice di tutte le formule: due piú due fanno quattro. Essa — in quanto applicabile alla natura — afferma che, se prendete due enti naturali e poi ancora altri due enti naturali, la classe ottenuta comprende quattro enti naturali. Formule del genere, che valgono per qualunque ente, non possono servire a produrre il concetto di atomo. Ma ci sono altre formule che affermano l'esistenza in natura di enti con le tali e talaltre proprietà, per esempio con le proprietà dell'atomo di idrogeno. Ma se tali enti non esistessero, non vedo come qualunque asserzione a loro riguardo si potrebbe applicare alla natura. L'asserzione, per esempio, che nella luna si trova del formaggio fresco non può servire di premessa a nessuna deduzione di validità scientifica, a meno che la presenza nella luna di formaggio fresco sia stata verificata per via sperimentale. A queste obiezioni si risponde di solito dicendo che, sebbene gli atomi siano enti puramente concettuali, tuttavia essi rappresentano un modo interessante e pittoresco di esprimere qualcos'altro di vero riguardo la natura. Ma se davvero intendete qualcos'altro, ditelo direttamente! Buttiamo via codesto artificio macchinoso di una natura concettuale costituita di asserzioni concernenti cose inesistenti, usate per comunicare verità alle cose che veramente esistono. Io mi tengo fermo alla convinzione ovvia che le leggi scientifiche, se sono vere, sono enunciati riguardanti gli enti che noi conosciamo come esistenti nella natura; e che, se gli enti cui si riferiscono gli enunciati non si trovano in natura, tali enunciati non servono proprio a nulla rispetto ad un qualunque avvenimento naturale. Cosí gli elettroni e le molecole della teoria scientifica devono essere fattori della natura, almeno per quel tanto di esattezza che possiedono le leggi scientifiche. Gli elettroni sono solo ipotetici finché non

siamo ben certi che la teoria degli elettroni sia esatta. Ma il loro carattere ipotetico non deriva dalla natura essenziale della teoria in se stessa, una volta che ne sia stata garantita la verità.

Così, alla fine di questa discussione alquanto complessa, torniamo al punto di vista affermato all'inizio: il còmpito primo di una filosofia della scienza naturale consiste nello spiegare il concetto di natura, considerato come un unico fatto complesso offerto alla conoscenza; nel determinare gli enti fondamentali e i rapporti fondamentali fra questi enti, per mezzo dei quali si devono formulare tutte le leggi della natura; e nel fornire la sicurezza che gli enti e i rapporti così determinati sono adeguati ad esprimere tutti i rapporti fra gli enti offerti dalla natura.

Il terzo requisito, ossia quello dell'adeguatezza, è proprio quello su cui si accentrano tutte le difficoltà. Si accetta comunemente che i dati ultimi della scienza sono lo spazio ed il tempo, la materia, le qualità della materia e i rapporti fra gli oggetti materiali. Ma i dati che si affacciano nelle leggi scientifiche non tengono conto di tutti gli enti presenti nella nostra percezione della natura. Per esempio, la teoria ondulatoria della luce è una teoria eccellente e ben fondata; ma sfortunatamente non tiene conto della percezione dei colori; cosicché il rosso percepito — o un altro colore — è escluso dalla natura ed attribuito alla reazione dello spirito sotto l'impulso degli attuali eventi della natura. In altri termini, questo concetto delle relazioni fondamentali intime alla natura è del tutto inadeguato; e quindi dobbiamo riunire le nostre forze per raggiungere l'enunciazione di concetti adeguati.

Ma facendo così non stiamo tentando di fatto di risolvere un problema metafisico? Io credo di no. Il nostro lavoro tende semplicemente a formulare il tipo di relazioni che hanno luogo fra gli enti da noi effettivamente percepiti in natura. Non è nostra intenzione pronunciarci sulla relazione psicologica del soggetto all'oggetto o circa la situazione di entrambi nel regno della realtà. Certamente il nostro lavoro potrà offrire materiale di importanza rilevante per una discussione metafisica, è difficile

che non sia cosí; ma avrà valore di semplice testimonianza, e non di una discussione metafisica in atto. Per chiarire il carattere di questa ulteriore discussione, che rimane fuori della nostra prospettiva, ricorro a due citazioni. La prima è di Schelling, e la traggo dall'opera del filosofo russo Losskij [1]: « Nella *Filosofia della Natura* considero il soggetto-oggetto chiamato "natura" rispetto alla sua attività auto-creativa. Per capirlo dobbiamo elevarci ad una intuizione intellettuale della natura. L'empirista non vi perviene, e per questa ragione in tutte le sue spiegazioni è sempre *egli stesso* che tenta di costruire la natura; non fa quindi meraviglia che la sua costruzione di fatto coincida cosí di rado con ciò che deve essere costruito. Un *filosofo della natura* innalza la natura ad una condizione di indipendenza e lascia che si costruisca da sé; e perciò non sente mai la necessità di contrapporre la natura in quanto costruita (cioè come esperienza) alla natura reale, o di correggere l'una per mezzo dell'altra ».

L'altra citazione è tratta da un saggio letto dal Decano di St. Paul alla Aristotelian Society nel maggio del 1919. Il saggio del dottor Inge s'intitola *Platonismo ed immortalità umana*, ed in esso si trova il brano seguente: « Riassumendo, la concezione platonica dell'immortalità si fonda sull'*indipendenza* del mondo spirituale. Il mondo spirituale non è un mondo di ideali irrealizzati, di fronte al mondo reale dei fatti non spirituali. È invece il mondo reale, di cui possediamo una conoscenza effettiva, sebbene molto incompleta, di fronte al mondo dell'esperienza comune, il quale non possiede alcuna realtà come sistema completo, poiché è un complesso di dati eterogenei, non tutti allo stesso livello, tenuti insieme dall'immaginazione. Non esiste un mondo corrispondente al mondo dell'esperienza comune; la natura produce le astrazioni per noi, stabilendo quale grado di

[1] N. O. Losskij, *The Intuitive Basis of Knowledge*, traduzione di Mrs. Duddington, New York, 1919.

vibrazioni dobbiamo vedere ed udire, che cosa avvertire e che cosa ricordare ».

Ho riportato queste citazioni, perché ambedue trattano argomenti che sono sempre stati confusi col campo della nostra trattazione, sebbene si trovino su un altro piano. Ciò dipende dal fatto che i rispettivi campi di ricerca sono limitrofi, e tali argomenti sono di un interesse scottante per gli intelletti metafisici. Per un filosofo è molto difficile comprendere come si possa realmente restringere la ricerca entro i limiti da me sopra prospettati; poiché tali limiti cadono proprio nel punto dove egli comincia a sentirsi eccitato. Ma io lascio giudicare a voi se fra i prolegomeni della filosofia e della scienza naturale non sia necessaria una comprensione completa dei tipi di enti, e dei tipi di rapporti fra questi enti, che ci si rivelano nella percezione della natura.

III. Il tempo

I due primi capitoli sono stati di carattere prevalentemente critico. In questo mi propongo di intraprendere un esame dei generi di enti che la sensazione offre alla conoscenza. Mio assunto sarà di ricercare le specie di relazioni che questi enti possono assumere l'uno verso l'altro. Il primo elemento di una filosofia della natura consiste in una classificazione degli enti naturali. In questo capitolo tratterò del Tempo.

Anzitutto ci troviamo davanti a un fatto generale: qualcosa diviene. È questo un fatto che bisogna definire.

Questo fatto generale presenta subito alla nostra apprensione due fattori, che chiamerò « l'osservato » e « l'osservabile ». Il fattore « osservato » si compone di quegli elementi del fatto generale di cui si colgono le peculiarità individuali: è il campo percepito direttamente. Ma gli enti di questo campo possiedono relazioni con altri enti di cui non si colgono in particolare le caratteristiche individuali. Questi altri enti ci sono noti semplicemente come i termini di riferimento delle relazioni degli enti del campo osservato. Si tratta di enti che sono semplicemente un qualche cosa che ha una relazione cosí e cosí definita con uno o piú enti definiti del campo osservato. In conseguenza del carattere particolare di queste relazioni, questi altri enti ci sono noti come elementi del fatto generale che diviene. Ma non li conosciamo altrimenti che per la loro caratteristica di rappresentare la funzione di termini di riferimento in queste relazioni.

Quindi, il fatto generale completo nel suo accadere comprende ambedue i gruppi di enti, cioè gli enti percepiti nella loro individualità propria ed altri enti semplicemente appresi come termini di riferimento senz'altra definizione. Questo fatto generale completo è il fatto osservabile e comprende l'« ossservato ». L'« osservabile » è tutta la natura in quanto aperta a quella sensazione, ma si estende anche al di là di essa e comprende tutta la natura quale è attualmente determinata od osservata in quella sensazione. La determinazione od osservazione della natura consiste nella coscienza peculiare di speciali fattori della natura rispetto ai loro caratteri peculiari. Ma i fattori della natura, di cui possediamo questa peculiare coscienza sensibile, ci sono noti come non esaurienti tutti i fattori che insieme formano l'intero complesso di enti in relazione nel fatto generale aperto all'osservazione. Questa peculiarità della conoscenza è ciò che io chiamo il suo carattere inesauribile. Questo carattere si può descrivere metaforicamente col dire che la natura in quanto percepita presenta sempre un orlo frastagliato. Per esempio, al di là della stanza, che limita la nostra visuale, c'è un mondo a noi noto degli enti osservati all'interno della stanza. La sutura del mondo interno alla stanza col mondo esterno non è mai precisa. Rumori ed altri fattori piú sottili penetrano dall'esterno nell'interno tramite la sensazione. Ogni genere di senso ha la propria classe di enti determinati che sono noti come termini di riferimento in relazione con enti non determinati da quel senso. Per esempio, vediamo qualcosa che non tocchiamo e tocchiamo qualcosa che non vediamo, ed abbiamo una sensazione generale delle relazioni spaziali fra gli enti rivelati dalla vista, e quelli rivelati dal tatto. Cosicché, in primo luogo, ciascuno di questi due enti ci è noto come un termine di un sistema generale di relazioni spaziali, e, in secondo luogo, viene determinata la particolare mutua relazione di questi due enti fra di loro in questo sistema generale. Ma il sistema generale delle relazioni spaziali che collega l'ente determinato dalla vista con quello determinato dal

tatto non è condizionato dal carattere peculiare dell'altro ente, quanto al modo col quale l'altro senso si collega ad esso. Per esempio, le relazioni spaziali della cosa vista condizionano la presenza di un ente, quale termine di riferimento occupante il posto della cosa toccata, anche se alcuni lati del suo carattere non sono stati rivelati dal tatto. Quindi, senza il tatto, la coscienza sensibile avrebbe rivelato la presenza di un ente con una certa specifica relazione alla cosa vista, ma non l'avrebbe altrimenti determinata rispetto al suo carattere individuale. Un ente, noto semplicemente per la sua relazione spaziale a qualche ente determinato, è precisamente ciò che intendiamo col puro concetto di « posto ». Il concetto di posto indica la presenza nella coscienza sensibile di enti di natura noti semplicemente per le loro relazioni spaziali con altri enti determinati. Rappresenta la rivelazione dell'osservabile per mezzo delle sue relazioni con l'osservato.

Questa rivelazione di un ente quale termine di riferimento senza ulteriori determinazioni di qualità specifiche è la base del nostro concetto di significazione. Nel precedente esempio la cosa vista era significante, in quanto rivelava le proprie relazioni spaziali con altri enti, che diversamente non entravano necessariamente a far parte della coscienza. Cosí significare vuol dire porre in relazione, ma è una relazione con l'accento su uno solo dei suoi termini.

Per semplicità ho limitato la discussione alle relazioni spaziali; ma le stesse considerazioni valgono per le relazioni temporali. Il concetto di « periodo di tempo » indica l'apparire nella coscienza sensibile di enti di natura noti solo per le loro relazioni temporali con enti determinati. Ed inoltre questa separazione delle idee di spazio e di tempo è stata adottata semplicemente allo scopo di ottenere una maggior semplicità di espressione conforme al linguaggio corrente. Quanto osserviamo è il carattere specifico di uno spazio durante un periodo di tempo. Questo è ciò che io dico « un evento ». Noi osserviamo alcuni caratteri specifici di un evento; ma nell'osservare un evento

siamo altresí coscienti del suo significato come termine di riferimento nella struttura degli eventi. La struttura degli eventi è il complesso di eventi in quanto collegati dalle due relazioni di estensione e di persistenza. La espressione piú semplice delle proprietà di questa struttura si possono trovare nelle nostre relazioni spaziali e temporali. Un evento osservato è conosciuto per il fatto di esser riferito in questa struttura ad altri eventi, i cui caratteri specifici non sono offerti in altro modo in quella singola sensazione, se non perché sono termini di riferimento all'interno della struttura.

La presenza nella coscienza sensibile della struttura degli eventi raggruppa gli eventi in due classi: quelli osservati per qualche ulteriore carattere individuale, e quelli noti solamente come elementi della struttura. Questi ultimi cosí significati includono eventi del remoto passato altrettanto che eventi del futuro: siamo coscienti di questi come di periodi lontani del tempo illimitato. Ma esiste un'altra classificazione degli eventi, anch'essa inerente alla coscienza sensibile. Sono gli eventi che puntualizzano l'immediatezza degli eventi osservati come immediatamente presenti. I caratteri di questi eventi insieme a quelli degli eventi osservati comprendono tutta la natura presente nell'osservazione. Essi formano il completo fatto generale di tutta la natura ora presente in quanto rivelata nella sensazione. La distinzione dello spazio dal tempo trae appunto origine da questa seconda classificazione. L'origine dello spazio va ricercata nelle relazioni reciproche degli eventi entro l'immediato fatto generale, costituito da tutta la natura ora osservabile, cioè entro l'evento unico che costituisce la totalità della natura presente. Le relazioni degli altri eventi a questa totalità della natura formano il tessuto del tempo.

L'unità di questo fatto generale presente è espressa dal concetto di simultaneità: il fatto generale è l'intero avvenimento simultaneo della natura ora presente alla coscienza sensibile. Questo fatto generale è ciò che io ho chiamato l'osservabile. Ma in seguito lo denominerò una « durata », intendendo con questo

BIBLIOTECA

concetto una certa totalità di natura, limitata solo dalla proprietà di costituire una simultaneità. Inoltre, in obbedienza al principio di includere nella natura l'intero dato della sensazione, la simultaneità non deve essere concepita come un concetto mentale ed accidentale imposto alla natura. La nostra sensazione propone all'osservazione immediata un certo insieme, da noi detto « durata », e quindi la durata è un ente naturale definito. Essa si definisce come un complesso di eventi parziali, e gli enti naturali che sono i componenti di questo complesso si dicono perciò « simultanei a questa durata ». In un senso derivato si dicono poi simultanei l'un l'altro rispetto a questa durata. Quindi, la simultaneità è una relazione naturale ben definita. Il vocabolo « durata » è forse mal scelto, in quanto dà l'impressione di una mera estensione astratta di tempo, il che non corrisponde certo alla mia intenzione. Una durata è una porzione concreta di natura limitata dalla simultaneità, che a sua volta è un fattore essenziale presente nella sensazione.

La natura è un processo. Come nel caso di ogni altro fattore immediato della sensazione, non si può fornire alcuna spiegazione di questa caratteristica della natura. Tutto quanto si può fare è di usare un linguaggio che riesca a dimostrarlo « speculativamente », e ad esprimere altresí la relazione di questo f a t t o r e con gli altri f a t t o r i nella natura.

È una caratteristica propria del processo della natura che ogni durata accada e passi. Il processo della natura si può anche dire il passaggio della natura. A questo proposito mi astengo decisamente dall'usare la parola « tempo », poiché il tempo misurabile della scienza e della vita sociale caratterizza di solito appena qualche aspetto del fatto fondamentale che è il divenire della natura. In questa concezione ritengo di trovarmi pienamente d'accordo col Bergson, sebbene egli usi il vocabolo « tempo » per indicare il fatto fondamentale da me chiamato il « divenire della natura ». Il divenire della natura si esprime tanto nel mutamento spaziale che in quello temporale; e proprio in virtú di questo fluire la natura continua sempre. Nel

significato di questa proprietà di « continuare » è implicato il fatto che non solo ogni atto di sensazione è proprio quell'atto e non un altro, ma che il termine di ogni atto è anch'esso unico e non è termine di nessun altro atto. La sensazione coglie un caso che è unicamente suo ed offre alla conoscenza qualcosa che è solo per essa.

L'oggetto della sensazione è unico in due sensi: è unico rispetto alla coscienza di uno spirito individuale, ed è unico rispetto alla coscienza di tutti gli spiriti che agiscono in condizioni naturali. La distinzione fra i due casi è importante.

1. Per lo spirito individuale, non solo la componente osservata del fatto generale, presente nel singolo atto sensoriale, è distinta dalla componente del fatto generale presente in un altro atto sensoriale qualunque di quello spirito, ma le due corrispondenti durate, collegate rispettivamente dalla simultaneità alle due componenti osservate, sono necessariamente distinte. Questa è una caratteristica propria del divenire temporale della natura; ossia una durata è entrata nell'altra. Quindi, il divenire della natura non solo è un carattere essenziale della natura nella sua funzione di oggetto della sensazione, ma è altresí essenziale per la sensazione in se stessa. Appunto questo fa sí che il tempo ci appaia estendersi oltre la natura. Ma quanto vale oltre la natura per lo spirito non è il tempo seriale e misurabile, che rivela semplicemente il divenire nella natura, ma la qualità del divenire stesso, che non si può affatto misurare se non per il modo del suo presentarsi in natura. In altre parole il divenire non è misurabile se non come esso accade nella natura in connessione con l'estensione. Nel divenire cogliamo il punto di contatto della natura con l'estrema realtà metafisica. La qualità del divenire nelle durate è un'espressione particolare in natura di una qualità valida oltre la natura. Per esempio, il divenire non è solo una qualità della natura, costituita dalla cosa conosciuta, ma anche della sensazione, che è il modo di conoscerla. Le durate hanno la stessa realtà della natura, sebbene non sia qui il caso

di definire in che cosa essa consista. La misurabilità del tempo è conseguenza delle proprietà delle durate; e altrettanto si dica del carattere seriale del tempo. Si osserverà che esistono nella natura sistemi seriali di tempo contrastanti fra di loro, in quanto derivati da differenti famiglie di durate: si tratta di una peculiarità del carattere del divenire, come esso si presenta nella natura. Questo carattere ha la realtà della natura, ma non dobbiamo necessariamente applicare il tempo naturale ad enti extranaturali.

2. Per due spiriti distinti le componenti osservate dei fatti generali manifestati nei rispettivi atti di coscienza devono essere differenti. Ogni spirito, infatti, nella propria sensazione della natura prende atto di un certo complesso di enti naturali collegati da una relazione al corpo umano come al loro proprio fuoco; le durate relative però possono essere identiche. Qui cogliamo quel carattere del divenire naturale che ha luogo nelle relazioni spaziali di corpi simultanei. La possibilità di identità delle durate nel caso della sensazione di spiriti diversi permette il collegamento in una natura unica delle esperienze singole degli esseri senzienti. Qui si considera l'aspetto spaziale del divenire della natura; ed anche in questo suo aspetto pare che esso si estenda, oltre la natura, allo spirito.

Occorre distinguere la simultaneità dall'istantaneità. Non mi riferisco affatto al semplicistico uso corrente dei due termini. Sono due concetti che voglio distinguere: l'uno lo chiamo *simultaneità* e l'altro *istantaneità*. Spero di aver scelto due parole adatte; ma questo non ha poi importanza, purché mi riesca di render chiaro il mio pensiero.

Simultaneità è la proprietà di un gruppo di elementi naturali che per qualche aspetto sono componenti di una durata. Una durata può comprendere tutta la natura presente come fatto immediato offerto nella sensazione. Una durata contiene in se stessa il divenire della natura. Ci sono in essa antecedenti e conseguenti che sono anch'essi durate, che posson costituire il com-

pleto ed eventuale presente di altre coscienze piú penetranti. In altre parole una durata possiede un certo spessore temporale. Qualunque concetto riferito alla natura come immediatamente conosciuta è sempre il concetto di una qualche durata, sebbene esso possa estendere il proprio spessore temporale al di là dell'eventuale presente di qualunque essere a noi noto come esistente nella natura. Quindi la simultaneità è un dato ultimo della natura, un dato immediato della coscienza sensoriale.

L'istantaneità è un concetto logico complesso di un procedimento del pensiero col quale si costruiscono artificialmente enti logici, allo scopo di cercare il modo piú semplice di esprimere col pensiero le proprietà della natura. Istantaneità è il concetto di tutta la natura in un dato istante, dove un istante è concepito come spoglio di ogni estensione temporale. Per esempio, si parla della distribuzione della materia nello spazio ad un dato istante. È questo un concetto molto utile nella scienza, specialmente nelle matematiche applicate; ma è un'idea molto complessa per quanto riguarda i suoi rapporti coi fatti immediati della sensazione. In questa non vi è nulla di simile alla natura in un dato istante, poiché quanto la sensazione rivela alla conoscenza è la natura durante un determinato periodo. E quindi la natura in un dato istante, poiché non è essa stessa un ente naturale, deve essere definita per mezzo di enti naturali puri. Se non facciamo cosí, la nostra scienza, che impiega il concetto di natura istantanea, deve rinunciare ad ogni pretesa di fondarsi sull'osservazione dei fatti.

Mi servirò del termine « momento » per indicare « tutta la natura in un dato istante ». Un momento, nel senso da me inteso, non ha estensione temporale, e per questo rispetto è da contrapporsi alla durata, che invece possiede tale estensione. Quanto la sensazione offre direttamente alla nostra conoscenza è una durata, e quindi dobbiamo ora spiegare come i momenti siano derivati dalle durate, ed inoltre a che scopo li introduciamo.

Un momento è un limite a cui tendiamo quando restringiamo

la nostra attenzione a durate di estensione minima. Le relazioni naturali fra gli ingredienti di una durata guadagnano in complessità, se prendiamo in considerazione durate di estensione temporale crescente; ed inversamente ci si approssima alla semplicità ideale nel tendere ad una diminuzione ideale di estensione.

La parola *limite* ha un significato ben preciso nella logica dei numeri ed anche nella logica delle serie non numeriche ad una sola dimensione. Qui è ancora una semplice metafora, ed è opportuna a chiarire il concetto che intende indicare.

Le durate possono avere la proprietà relazionale bitermine di estendersi l'una sull'altra. Cosí la durata, che comprende tutta la natura durante un minuto dato, si sovrappone alla durata, che è tutta la natura durante trenta secondi di quel minuto. Questa capacità di sovrapporsi, che denominerei « estensione », è una relazione naturale fondamentale, il cui campo d'azione è piú comprensivo delle durate. È una relazione che due eventi limitati possono avere l'uno nei confronti dell'altro. Inoltre, in quanto ha luogo fra le durate, questa relazione pare riguardi l'estensione puramente temporale; ma io sostengo che la stessa relazione di estensione è alla base tanto dell'estensione temporale che della spaziale. Ma la discussione di questo punto può esser differita; per il momento ci limiteremo semplicemente a considerare la relazione di estensione sotto il suo aspetto temporale relativamente al campo limitato delle durate.

Il concetto di estensione rivela nel pensiero un solo aspetto del fondamentale divenire della natura. Questa relazione vale in grazia del carattere speciale assunto dal divenire nella natura; è la relazione che nel caso delle durate esprime la proprietà del « sovrapporsi ». Cosí la durata di un intero minuto si sovrappone alla durata dei suoi trenta secondi; e questa è parte di quella. Mi servirò dei termini « tutto » e « parte » esclusivamente in questo senso, intendendo per « parte » l'evento compreso dall'altro evento che è il « tutto ». Quindi nella mia terminologia « tutto » e « parte » si riferiscono esclusivamente a questa

fondamentale relazione dell'estensione; e nell'uso tecnico solo gli eventi possono essere parte o tutto.

La continuità della natura nasce dall'estensione: ogni evento si estende sopra altri eventi, ed ogni evento è compreso in altri eventi. Quindi, nel caso particolare delle durate, i soli eventi che ora consideriamo, ogni durata è parte di altre durate; ed ogni durata comprende altre durate come proprie parti; e quindi non c'è alcuna durata massima né minima. Di conseguenza, non si può parlare di una struttura atomica delle durate, e la perfetta definizione di una durata, che segni la sua individualità e la distingua dalle durate fortemente simili, che la comprendano e ne siano comprese, è un postulato arbitrario del pensiero. La sensazione pone le durate come fattori nella natura, ma non autorizza evidentemente il pensiero ad usarne per distinguere le singole individualità degli enti di un gruppo omogeneo di durate leggermente differenti fra loro. È questa una esigenza dell'indeterminatezza della sensazione. L'esattezza è un ideale del pensiero, e si attua soltanto nell'esperienza con l'adottare un metodo di approssimazione.

L'assenza di durate massime e minime non esaurisce le proprietà che compongono la continuità della natura. Il divenire della natura implica l'esistenza di una famiglia di durate. Quando due durate appartengono alla stessa famiglia, o l'una contiene l'altra, o si sovrappongono l'una all'altra per una durata subordinata senza che nessuna delle due contenga l'altra, oppure sono completamente separate. È escluso il caso di durate che interferiscano in eventi finiti ma non contengano una terza durata come parte comune.

Evidentemente la relazione di estensione è transitiva; cioè rispetto alle durate, se A è parte della durata B, e B è parte della durata C, allora A è parte di C. Quindi possiamo ridurre ad una le prime due possibilità e dire che due durate appartenenti alla stessa famiglia o sono tali che esistono altre durate parti di entrambi, oppure sono completamente separate.

Vale inoltre anche la proposizione inversa: se due durate

comprendono altre durate come parti comuni oppure sono completamente separate, esse appartengono alla stessa famiglia.

Le ulteriori caratteristiche della continuità della natura che non sono ancora state formulate — sempre nei confronti della durata — sono deducibili dal concetto di famiglia di durate. Si può cosí affermare che vi sono durate le quali contengono come loro parti due durate qualunque della stessa famiglia. Per esempio, una settimana contiene come parti due qualunque dei suoi giorni. È evidente che la durata contenente soddisfa alle condizioni richieste per appartenere alla stessa famiglia delle due durate contenute.

Siamo ora in grado di procedere alla definizione di momento del tempo. Si consideri un insieme di durate tutte prese dalla stessa famiglia. Abbia esso le seguenti proprietà: 1) di due elementi qualunque dell'insieme l'uno contiene l'altro come parte; 2) non esiste nessuna durata che sia parte comune di ogni elemento dell'insieme.

Allora la relazione di tutto e parte risulta asimmetrica; e con questo s'intende dire che se A è parte di B, allora B non è parte di A. Abbiamo già notato che la relazione è transitiva, e di conseguenza si può vedere facilmente che le durate di un insieme qualunque con le proprietà sopra indicate possono ordinarsi in una serie a una dimensione, tale che se la si percorre degradando si raggiungono progressivamente durate di estensione temporale sempre piú piccola. La serie può cominciare con una qualunque durata di estensione temporale arbitraria, ma nel discendere la serie l'estensione temporale si contrae progressivamente e le durate successive sono disposte l'una nell'altra come le scatole di un giuoco cinese. Senonché la serie differisce dal giuoco cinese in questo particolare: che in quest'ultimo vi è una scatola piú piccola che rappresenta l'ultima scatola della serie; mentre la serie di durate non può avere una durata minima, né convergere... verso una durata limite. Invero, le parti o della durata minima o del limite sarebbero parti di tutte le

durate della serie e quindi ne risulterebbe violata la seconda condizione.

Un simile insieme di durate lo chiamerò « insieme astrattivo » di durate. È evidente che un insieme astrattivo nel suo svolgersi converge verso l'ideale di una natura senza estensione temporale, ossia verso l'ideale di comprendere tutta la natura in un istante. Ma questo ideale è in effetti l'ideale di un non-ente. La funzione effettiva di un insieme astrattivo consiste nel guidare il pensiero alla considerazione della progressiva semplicità delle relazioni naturali, se si diminuisce progressivamente l'estensione temporale della durata considerata. Ora, tutto lo scopo cui mira questo procedimento consiste nel far convergere le espressioni quantitative di queste proprietà naturali verso un limite, sebbene l'insieme astrattivo non converga verso alcuna durata limite. Le leggi che mettono in rapporto questi limiti quantitativi sono precisamente le leggi della natura « in un istante dato », sebbene in realtà non esista alcuna natura istantanea e si tratti solo di un insieme astrattivo. Quindi per insieme astrattivo s'intende in effetti l'ente che otteniamo considerando un istante del tempo senza estensione temporale. Esso soddisfa a tutte le condizioni necessarie per dare un significato preciso al concetto delle proprietà della natura ad un istante; ed è un concetto fondamentale per la scienza fisica. La difficoltà consiste nell'esprimere il nostro concetto tramite i dati immediati della sensazione, ed a mio parere la interpretazione proposta risolve perfettamente il problema.

Secondo questa interpretazione un momento è l'insieme di proprietà naturali raggiunte con un metodo di approssimazione, poiché un insieme astrattivo è un procedimento di approssimazione. Si possono dare procedimenti diversi per approssimarsi allo stesso insieme limite di proprietà naturali, o in altre parole vi sono piú insiemi astrattivi che possono essere considerati come vie di approssimazione allo stesso momento. Di conseguenza è necessaria una certa quantità di particolari tecnici nello svolgere le relazioni di dati insiemi astrattivi di convergenza

comune e nel guardarsi dalle possibili eccezioni. Non ne tratterò qui, poiché questi particolari non sono indispensabili allo svolgimento del mio pensiero, dato anche che ne ho trattato diffusamente altrove [1].

È opportuno invece per motivi tecnici considerare meglio un momento in quanto classe di tutti gli insiemi astrattivi di durate con la stessa convergenza. Secondo questa definizione (purché riusciamo a spiegare che cosa intendiamo per « stessa convergenza » indipendentemente da una conoscenza particolareggiata di un gruppo di proprietà naturali ottenute per approssimazione) un momento è semplicemente una classe di insiemi di durate le cui relazioni reciproche di estensione hanno caratteristiche definite. Possiamo indicare questi rapporti delle durate componenti col termine di « proprietà estrinseche » di un momento; mentre le « proprietà intrinseche » del momento sono le proprietà di natura a cui si perviene come limite nel percorrere uno qualunque dei suoi insiemi astrattivi. Sono le proprietà della natura « in quel momento » o « in quell'istante ».

Le durate che entrano nella composizione di un momento appartengono tutte a una famiglia unica; e quindi vi è una sola famiglia di momenti corrispondente ad una sola famiglia di durate. Ancora, se prendiamo due momenti della stessa famiglia, fra le durate che partecipano alla formazione di un unico momento le durate piú piccole sono completamente separate dalle durate minime che partecipano alla formazione dell'altro momento. E quindi i due momenti nelle loro proprietà intrinseche devono rappresentare i limiti di stati di natura completamente differenti. In questo senso i due momenti sono completamente separati, e li dirò « paralleli ».

In corrispondenza di ogni durata ci sono due momenti della stessa famiglia che costituiscono i momenti termine di quella durata. Un « momento termine » di una durata si può definire nel modo seguente. Vi sono durate appartenenti alla stessa fa-

[1] Cfr. *An Enquiry*.

miglia della durata data, che la contengono ma non sono contenute in essa. Si consideri ora un insieme astrattivo di tali durate: esso definisce un momento che si trova tanto al di fuori che dentro la durata. Tale momento è un momento termine della durata. Di nuovo ci richiamiamo alla nostra esperienza sensibile del divenire della natura per accertarci che si dànno tali momenti-termine, cioè il termine primo ed il termine ultimo, che chiameremo il termine iniziale e finale.

Vi sono anche momenti della stessa famiglia tali che le piú brevi durate che concorrono a costituirli sono totalmente separate da una durata data; e, viceversa, vi sono altri momenti della stessa famiglia tali che le durate piú brevi che li compongono sono parti di una durata data. Dirò dei primi che giacciono « fuori » della durata data, e di questi altri che giacciono « dentro » la durata data o che le « inseriscono ». In questo modo l'intera famiglia di momenti paralleli viene interpretata in riferimento ad una durata qualunque della associata famiglia di durate. Ossia, vi sono momenti della famiglia che giacciono fuori della durata considerata, e precisamente i due momenti termine di essa; e vi sono gli altri momenti che giacciono dentro la durata. Inoltre due momenti qualunque della stessa famiglia costituiscono i momenti termine di una qualche durata della famiglia di durate associata.

È ora possibile definire la relazione seriale di ordine temporale fra i momenti di una famiglia. Se A e C sono due momenti qualunque della famiglia, essi sono i momenti termine di una durata d della famiglia associata, e qualunque momento B che si trova dentro la durata d si potrà dire che sta fra i momenti A e C. Quindi la relazione triplice dello « stare fra », in quanto collega i tre termini A, B e C, è completamente determinata. Dunque, la conoscenza del divenire della natura ci assicura che questa relazione dispone i momenti della famiglia in un ordine seriale. Mi astengo dall'enumerare le proprietà definite che garantiscono questo enunciato. Le ho già passate in rassegna nella mia opera precedente, cui accennai poco sopra.

Il divenire della natura ci permette di conoscere che una direzione sola della serie corrisponde al divenire nel futuro e l'altra direzione al retrocedere nel passato.

Una serie di momenti cosí ordinata è ciò che io intendo per tempo, definito come una serie. Ogni elemento della serie presenta uno stato istantaneo della natura. Evidentemente il tempo seriale è il risultato di un processo intellettuale di astrazione. Io non ho fatto che dare definizioni precise del procedimento col quale si effettua l'astrazione. Questo procedimento è semplicemente un caso particolare del metodo generale che io chiamo « il metodo dell'astrazione estensiva ». Il tempo seriale evidentemente non è l'effettivo divenire della natura stessa; esso rivela soltanto alcune delle proprietà naturali che ne nascono. Lo stato della natura « in un momento » ha evidentemente perduto la qualità fondamentale del divenire. Quindi la serie temporale dei momenti contiene il divenire soltanto come una relazione estrinseca degli enti e non come espressione dell'essenza dei termini della serie.

Non abbiamo ancora trattato della misura del tempo. Essa non può risultare dalla mera proprietà seriale del tempo; richiede una teoria della congruenza che esamineremo in un capitolo successivo.

Per saggiare se questa definizione della serie temporale si adegui all'esperienza, è necessario distinguere fra il dato bruto della sensazione e le teorie del nostro intelletto. Un lasso di tempo è una quantità seriale misurabile. La validità dell'intera scienza dipende da questo presupposto e qualunque teoria del tempo che fallisca nel determinare una serie misurabile del genere risulta auto-condannata, perché incapace di render conto del fatto piú saliente della esperienza. Le difficoltà cominciano però quando ci chiediamo che cosa è che si misura. Evidentemente si tratta di qualcosa tanto essenziale nell'esperienza che ci riesce difficile staccarcene e considerarlo a sé, in modo da vederlo nelle sue esatte proporzioni.

Anzitutto, dobbiamo stabilire se il tempo si trovi nella natura o se la natura si trovi nel tempo. La difficoltà della seconda alternativa, cioè di considerare il tempo come precedente alla natura, sta nel fatto che in tal caso esso diventa un enigma metafisico. Quale specie di enti sono allora i suoi istanti e periodi? La dissociazione del tempo dagli eventi mostra subito, ad un esame immediato, che il tentativo di fare del tempo un termine indipendente di conoscenza equivale allo sforzo di trovar consistenza in un'ombra. C'è il tempo in quanto accade qualcosa, e indipendentemente da quanto accade non c'è nulla.

È necessario tuttavia introdurre una distinzione. In un certo senso il tempo si estende al di là della natura: non è vero che una sensazione istantanea ed un pensiero istantaneo confluiscano nel contemplare una natura temporale. La sensazione ed il pensiero sono essi medesimi processi quanto i loro oggetti in natura. In altre parole, vi è un divenire della sensazione e un divenire del pensiero; e quindi in questo senso la qualità del divenire si estende al di là della natura. Ma ora la differenza nasce fra il divenire fondamentale e la serie temporale, che è un'astrazione logica per rappresentare alcune proprietà della natura. Una serie temporale, come l'abbiamo definita, rappresenta meramente certe proprietà di una famiglia di durate, proprietà invero che le durate possiedono solo in quanto partecipano del carattere del divenire, ma proprietà d'altro lato che le sole durate possiedono. Di conseguenza, il tempo nel senso di una serie temporale misurabile è un carattere della sola natura e la sua validità non si estende al processo del pensiero e della sensazione se non per un collegamento di questi processi con la serie temporale implicata dal loro processo.

Fin qui il divenire della natura è stato considerato in rapporto col divenire delle durate; ed in questo rapporto esso è connesso in modo peculiare con la serie temporale. Si deve però tenere presente che il carattere del divenire è peculiarmente connesso con l'estensione degli eventi e che da questa estensione si origina tanto il mutamento temporale che quello spaziale.

Rimandiamo la discussione su questo punto ad un altro capitolo, ma in questo momento è necessario accennarvi nel passare a trattare dell'applicazione del concetto di divenire al di là della natura, altrimenti rischiamo di farci una concezione troppo ristretta dell'essenza del divenire.

A questo proposito, è necessario prendere in considerazione il soggetto della sensazione come esempio del modo in cui il tempo concerne lo spirito, sebbene il tempo misurabile sia una mera astrazione tratta dalla natura e la natura sia chiusa allo spirito.

Si consideri la sensazione; non il suo oggetto, cioè la natura, ma la sensazione in se stessa come processo spirituale. La sensazione è un rapporto dello spirito con la natura, e quindi possiamo considerare lo spirito come un termine della sensazione. Per lo spirito c'è la sensazione immediata e c'è la memoria: e questa distinzione ha una portata duplice. Da un lato, essa precisa che lo spirito non è cosciente in modo imparziale di tutte quelle durate naturali con le quali è in rapporto nella sensazione. L'atto sensoriale esegue un taglio nel divenire della natura. Si può immaginare un essere la cui coscienza, considerata come suo possesso privato, non subisca mutamento alcuno, sebbene l'oggetto di essa sia la nostra natura in divenire. Non c'è nessuna ragione decisiva per cui la memoria non dovrebbe raggiungere la vivezza del fatto attuale; e quindi rispetto allo spirito: qual è la differenza fra presente e passato? Procedendo nell'ipotesi, possiamo supporre che il ricordo vivo e il fatto attuale siano ordinati nella coscienza secondo la serie temporale; e quindi dobbiamo ammettere che, anche immaginando che lo spirito nell'atto della sensazione potesse essere libero da ogni carattere del divenire, tuttavia come dato di fatto la nostra esperienza sensoriale ci presenterebbe sempre il nostro spirito come partecipe di questo carattere.

D'altro lato, il semplice fatto della memoria rappresenta una evasione dal divenire. Nella memoria il passato è presente: non è presente nel senso che oltrepassi la successione temporale, ma

è presente come un fatto immediato per lo spirito. Di conseguenza, la memoria segna l'affrancarsi dello spirito dal mero divenire naturale; poiché ciò che è passato per la natura non lo è per lo spirito.

Osserviamo ancora che la distinzione fra memoria e presente immediato non è cosí chiara come si crede comunemente. C'è una teoria intellettualistica che concepisce il tempo come un filo di rasoio in movimento che rivela un fatto senza estensione temporale. Questa teoria deriva dal concetto che la nostra osservazione raggiunge un'esattezza ideale. Le osservazioni astronomiche vengono successivamente precisate fino all'esattezza di un decimo, di un centesimo, di un millesimo di secondo. Ma la precisione finale è ottenuta con un sistema di medie, ed anche allora ammette un certo lasso di tempo come margine di errore. Qui il termine errore è puramente una convenzione per indicare il fatto che il carattere dell'esperienza non s'accorda con l'ideale del pensiero. Ho già spiegato come il concetto di momento concilii il fatto osservato con questo ideale, ossia che c'è una semplicità limite nell'espressione quantitativa delle proprietà della durata, ottenuta tenendo conto di ognuno degli insiemi astrattivi inclusi nel momento. In altre parole, il carattere estrinseco del momento, in quanto aggregato di durate, va associato al carattere intrinseco del momento, che indica il limite delle proprietà naturali.

Cosicché il carattere di un momento e l'ideale di esattezza da esso simboleggiato non infirmano in nessun modo il principio che l'oggetto fondamentale della sensazione è una durata avente un certo spessore temporale. Questa durata immediata non è chiaramente delimitata nella nostra apprensione: il suo limite iniziale svanisce nella nebbia della memoria ed il suo limite finale è offuscato dal fatto che emerge da un'anticipazione. Il presente è una zona sfrangiata di confine fra i due estremi. Di conseguenza, la nostra sensazione, col suo presente esteso, ha qualcosa del carattere della sensazione di quell'essere immaginario, lo spirito del quale era libero dal divenire e che contem-

plava tutta la natura come un fatto immediato. Il nostro presente ha i propri precedenti e susseguenti, come per l'essere immaginario tutta la natura aveva le proprie durate antecedenti e susseguenti. Per questo rispetto la sola differenza fra noi e tale essere consiste nel fatto che per lui tutta la natura si raccoglie nell'immediatezza della nostra durata presente. Non c'è una differenza sensibile tra la memoria e il presente immediato, o tra il presente immediato e l'anticipazione.

La conclusione è questa che finché si ha riguardo alla sensazione c'è un divenire dello spirito distinguibile dal divenire della natura, sebbene a questo strettamente legato. Possiamo congetturare, volendo, che questa corrispondenza fra il divenire spirituale ed il divenire naturale sorga dal loro coincidere in una qualche caratteristica del divenire che domini tutto l'essere; ma queste congetture metafisiche non offrono alcun interesse per la nostra ricerca. La conclusione immediata da trarne e per noi sufficiente è questa: per quanto riguarda la sensazione, lo spirito non è nel tempo e nello spazio nello stesso modo degli eventi della natura, ma vi è in un modo indiretto in ragione della peculiare corrispondenza del suo divenire col divenire della natura. Quindi, lo spirito è nel tempo e nello spazio in un senso suo peculiare. Tutto questo discorso ci ha condotti ad una conclusione molto semplice ed ovvia. Tutti sentiamo in qualche modo che il nostro spirito è qui in questa stanza ed in questo momento, ma che non si tratta precisamente della stessa posizione temporale e spaziale che hanno gli eventi naturali costituiti dall'esistenza dei nostri cervelli. La distinzione fondamentale da tenere presente è che l'immediatezza della sensazione non è la stessa cosa dell'istantaneità della natura. Questo è l'ultimo problema che tratterò nel presente capitolo, e si può formulare cosí: è possibile che si trovino nella natura diverse serie temporali?

Alcuni anni fa una domanda del genere sarebbe stata scartata come fantastica ed assurda. Non avrebbe trovato alcun fondamento nella scienza allora corrente, e non era affine ad alcuna

idea mai apparsa nei sogni della filosofia. I secoli XVIII e XIX accettavano come filosofia naturale un certo gruppo di concetti rigidi e definitivi come quelli della filosofia medievale, e li accettavano senza soverchie esigenze critiche. Quella filosofia naturale la chiamerei « materialismo ». Non solo erano materialisti gli uomini di scienza, ma anche i seguaci di tutte le scuole filosofiche. Gli idealisti dissentivano dai filosofi materialisti soltanto nella questione della posizione della natura rispetto allo spirito; ma nessuno dubitava che la filosofia della natura considerata in se stessa potesse essere d'altro tipo di quello che ho chiamato materialistico. È il sistema di pensiero esaminato nei due capitoli precedenti. Si può riassumere nella credenza che la natura sia un aggregato di materia e che questa materia esista in qualche modo in ogni membro successivo di una serie temporale ad una dimensione composta di istanti senza estensione; e che, inoltre, le reciproche relazioni degli enti materiali in ogni istante ordinino questi enti in una configurazione spaziale dentro uno spazio illimitato. Parrebbe che secondo questa teoria lo spazio dovrebbe essere altrettanto istantaneo degli istanti, e che sia necessaria qualche spiegazione sulle relazioni fra questi spazi istantanei successivi. Tuttavia la teoria materialistica tace completamente su questo punto, e la successione degli spazi istantanei è tacitamente fissata in un unico spazio permanente. Essa è una traduzione puramente intellettuale dell'esperienza che ha avuto la fortuna di trovarsi già formulata all'aurora del pensiero scientifico. Ha dominato il linguaggio e l'immaginazione della scienza fin da quando la scienza fiorí in Alessandria, col risultato che ormai è difficile esprimersi senza dar l'impressione di accettarne l'evidenza immediata.

Ma, se viene formulata con precisione in termini astratti, come ho fatto ora, tale teoria è tutt'altro che evidente. Il complesso dei fattori in divenire, che compone il fatto oggetto della sensazione, non ci presenta nulla di corrispondente alla trinità di tale materialismo naturale. Questa trinità comprende: 1) la serie temporale degli istanti senza estensione; 2) l'aggregato de-

gli enti materiali; 3) lo spazio come risultato delle relazioni della materia.

Fra questi presupposti della concezione intellettualistica del materialismo ed i dati immediati della sensazione c'è un abisso. Non metto in dubbio che questa trinità materialistica esprima caratteri importanti della natura; ma è necessario esprimere questi caratteri in termini di fatti dell'esperienza. E questo è proprio quanto ho cercato di fare riguardo al tempo in questo capitolo. E con questo si torna al problema se vi sia una sola serie temporale. Nella filosofia materialistica della natura tale unicità è presupposta, ma quella filosofia è semplicemente una ipotesi, come le teorie scientifiche aristoteliche, in cui si credeva cosí fermamente nel Medioevo. Se con le mie argomentazioni sono in qualche modo riuscito a riportare la teoria all'osservazione dei fatti immediati, la risposta non è subito cosí certa. La domanda si può enunciare anche in quest'altra forma: vi è una sola famiglia di durate? Che cosa significhi una « famiglia di durate », è stato detto in precedenza. La risposta non riesce piú per nulla evidente. Secondo la teoria materialistica il presente istantaneo è l'unico campo dell'attività creativa della natura; il passato è passato ed il futuro non è ancora. E quindi, secondo tale concezione, l'immediatezza della percezione coincide col presente istantaneo e questo unico presente è il risultato del passato e la promessa dell'avvenire. Ma noi neghiamo che questo presente istantaneo sia immediatamente dato: in natura non si trova nulla di simile, e in ultima analisi è un non-ente. Immediata per la sensazione è una durata. Ora una durata contiene in sé un passato ed un futuro; e la dimensione delle durate immediate della sensazione è del tutto indeterminata e dipende dal soggetto percipiente individuale. Di conseguenza, non c'è un fattore unico nella natura, che per ogni percipiente costituisca preminentemente e necessariamente il presente. Il divenire della natura non lascia nulla fra il passato ed il futuro. Quanto noi percepiamo come presente è la frangia vivida della memoria colorata di anticipazione. Questa vivacità illumina il campo de-

terminato nell'interno di una durata. Ma non si può fornire alcuna sicurezza che gli accadimenti della natura non si confacciano ad altre durate appartenenti a famiglie diverse. Non possiamo neppure sapere se la serie di durate immediate posta dalla sensazione di uno spirito individuale appartenga necessariamente tutta alla stessa famiglia di durate: non c'è la piú piccola ragione per credere che sia effettivamente cosí. In effetti, se la mia concezione della natura è esatta, le cose non stanno affatto cosí.

La concezione materialistica possiede la completezza di pensiero propria del Medioevo, che aveva una risposta esauriente per ogni cosa, si trovasse in cielo, nell'inferno o nella natura. In essa c'è una certa lindura, col suo presente istantaneo, il suo passato svanito, il suo futuro inesistente e la sua materia inerte. Questa lindura è molto medievale e mal si accorda con il fatto bruto.

La concezione che io propongo ammette un mistero ultimo piú grande ed un'ignoranza piú profonda. Il passato e il futuro si incontrano e confondono nel mal definito presente. Il divenire della natura, che è solo un altro nome per indicare la forza creatrice dell'esistenza, non si svolge sull'orlo ristretto di un presente istantaneo definito. La sua presenza operativa, che urge nella natura, si deve immaginare attuale nel tutto, tanto nel piú remoto passato quanto nel piú piccolo tratto di qualunque durata presente; forse anche nel futuro non ancora realizzato. Forse anche nel futuro che potrebbe essere, oltre che nel futuro che sarà. È impossibile riflettere sul tempo e sul mistero del divenire creativo della natura, senza provare un'impressione di smarrimento davanti ai limiti dell'intelligenza umana.

IV. Il metodo dell'astrazione estensiva

Tratteremo anzitutto degli eventi limitati, che ci metteranno in grado di intraprendere un esame dei dati di natura rappresentati dalla nostra concezione dello spazio.

La durata, espressione immediata della sensazione, si distingue in parti. Vi è la parte costituita dalla vita di tutta la natura limitata a questa stanza, e vi è la parte costituita dalla vita di tutta la natura limitata alla tavola di questa stanza. Queste parti sono eventi limitati; esse hanno la vita della durata presente e ne fanno parte. Ma, mentre una durata è un tutto illimitato e, in un certo senso, è il tutto dell'esistenza, un evento limitato possiede una limitazione completamente definita in dimensione, che si esprime per noi in rapporti spazio-temporali.

Siamo abituati ad associare un evento ad una qualche caratteristica melodrammatica: se un uomo è investito, quello è un evento compreso entro certi limiti spazio-temporali. Non siamo abituati invece a considerare come un evento il fatto che la Grande Piramide continui ad esistere durante un giorno determinato. Ma il fatto naturale costituito dalla Grande Piramide durante un giorno, intendendo con questo tutta la natura per esso manifesta, è un evento avente lo stesso carattere dell'incidente stradale, intendendo con questo tutta la natura con le sue limitazioni spazio-temporali per modo da includere l'uomo e la macchina durante il periodo in cui sono stati in rapporto.

Siamo avvezzi a risolvere questi eventi in tre fattori: tempo, spazio e materia. In effetti applichiamo immediatamente ad

essi i concetti della teoria materialistica della natura. Non nego l'utilità di una simile analisi per esprimere importanti leggi di natura, ma nego che uno qualunque di questi fattori ci si presenti nella sensazione in una reale indipendenza. Nella natura noi percepiamo un fattore unico, e questo fattore consiste nel fatto che qualcosa avviene qui e ora. Per esempio, percepiamo il procedere della Grande Piramide nelle sue relazioni col procedere degli eventi egiziani circostanti. Siamo trascinati dal linguaggio, dall'insegnamento formale e dall'abitudine ad esprimere i nostri pensieri in termini di analisi materialistica, in tale modo che con l'intelletto siamo portati ad ignorare la reale unità del fattore effettivamente esibito dalla sensazione. Invece, proprio questo fattore unitario, che ritiene in se stesso il divenire della natura, è l'elemento concreto primario che viene fissato nella natura. Esso è ciò che io chiamo *evento*.

Gli eventi sono il campo di una relazione bitermine, ossia della relazione di estensione, considerata nel capitolo precedente. Gli eventi sono le cose unite dalla relazione di estensione. Se un evento A si estende sopra un evento B, allora B è « parte » di A, ed A è un « tutto » di cui B è parte. Tutto e parte saranno da me usati sempre in questo senso preciso. Ne consegue che, rispetto a questa relazione, due eventi qualunque A e B possono essere legati da una qualunque di queste quattro relazioni: 1) A si estende sopra B; 2) B si estende sopra A; 3) tanto A quanto B si estendono sopra un terzo evento C, ma nessuno dei due ricopre l'altro; 4) A e B sono interamente separati. Queste alternative si possono illustrare coi diagrammi di Eulero, riportati da un qualunque manuale di logica.

La continuità della natura è la continuità degli eventi. Il termine continuità è meramente un nome per indicare l'aggregato di una varietà di proprietà degli eventi in connessione con la relazione di estensione.

In primo luogo, questa relazione è transitiva; in secondo luogo, ogni evento contiene altri eventi come parti di se stesso; terzo, ogni evento è parte di altri eventi; quarto, dati due eventi

finiti, ci sono altri eventi ciascuno dei quali li contiene ambedue come proprie parti; e, quinto, esiste fra gli eventi una relazione spaziale che io chiamo « congiunzione ».

Due eventi sono in congiunzione quando vi è un terzo evento di cui ambedue sono parti, e è tale che nessuna parte di esso è separata da ambedue gli eventi dati. Quindi, due eventi in congiunzione costituiscono un solo evento, che in un certo senso è la loro somma.

Solo alcune coppie di eventi possiedono questa proprietà; generalmente un evento contenente due altri eventi contiene pure altre parti, separate da ambedue gli eventi.

Vi è una diversa definizione della congiunzione di due eventi, da me adottata nella mia opera precedente [1]. Due eventi sono in congiunzione, quando si dà un terzo evento tale che 1) esso ricopra ambedue gli eventi e 2) non abbia alcuna parte che sia separata da ambedue gli eventi considerati. Se si adotta l'una di queste due definizioni per la congiunzione, l'altra ci si mostra come un assioma relativo alla caratteristica della congiunzione appresa in natura. Ma non ci interessano tanto le definizioni logiche, quanto piuttosto la formulazione dei risultati dell'osservazione diretta. Vi è una certa continuità inerente all'unità dell'evento osservato, e queste due definizioni della congiunzione sono realmente assiomi fondati sull'osservazione relativamente al carattere di questa continuità.

La relazione di tutto e parte e quella di sovrapposizione sono casi particolari della congiunzione degli eventi. Ma è anche possibile che gli eventi siano in congiunzione quando essi sono totalmente separati l'uno dall'altro; per esempio, la parte superiore ed inferiore della Grande Piramide risultano divise da un piano orizzontale immaginario.

La continuità che la natura attinge agli eventi è stata messa in ombra negli esempi, che sono stato costretto a fornire. Per esempio, ho assunto l'esistenza della Grande Piramide come un

[1] Cfr. *Enquiry* cit.

fatto ben noto, a cui potevo richiamarmi con sicurezza per esemplificare. È questo un tipo di evento che ci si presenta come la situazione di un oggetto ben riconoscibile, e nell'esempio scelto l'oggetto è tanto noto che ha ricevuto un nome. Ma, di fatto, un oggetto è un ente di tipo differente da un evento. Per esempio, l'evento che costituisce la vita della natura nella Grande Piramide ieri ed oggi è divisibile in due parti, cioè la Grande Piramide ieri e la Grande Piramide oggi. Invece l'oggetto riconoscibile, che vien detto la Grande Piramide, è lo stesso oggi di quello che era ieri. Dovrò trattare della teoria degli oggetti in un altro capitolo.

Tutto questo argomento assume un'indebita apparenza di sottigliezza per il fatto che quando l'evento è la situazione di un oggetto ben identificato la nostra terminologia non ci permette di distinguere l'evento dall'oggetto. Nel caso della Grande Piramide, l'oggetto è l'ente unitario percepito, che in quanto percepito permane identico a se stesso attraverso i tempi; mentre tutto il turbinío delle molecole e l'oscillare del campo magnetico sono ingredienti dell'evento. In un certo senso un oggetto è fuori del tempo; è nel tempo solo in modo derivato, in ragione della sua relazione agli eventi, che io chiamo « situazione ». Anche di questa parlerò in un capitolo successivo.

Ora m'interessa invece esaminare un altro lato della questione: e cioè che per un evento non è necessario costituire la situazione di un oggetto definito. Dovunque ed ogni qual volta succede qualcosa c'è un evento. Anzi già « dovunque ed ogni qual volta » presuppongono un evento, poiché spazio e tempo in se stessi sono astrazioni tratte dagli eventi. È quindi un corollario di questa concezione che qualcosa succede sempre in qualunque luogo, perfino nel cosiddetto spazio vuoto. Questa affermazione concorda con la fisica moderna, che presuppone l'attività di un campo elettromagnetico in ogni parte dello spazio e del tempo. Questa dottrina scientifica è stata espressa in forma materialistica col presupporre un etere onnipresente. Ma l'etere evidentemente è un concetto ozioso: secondo la terminologia

usata da Bacone per la dottrina delle cause finali, è una vergine sterile. Dall'etere non si deduce nulla, ed esso serve unicamente allo scopo di soddisfare le richieste della teoria materialistica. Il concetto importante è quello dei fenomeni oscillatori dei campi di forze. È questo il concetto di un etere degli eventi che dovrebbe sostituire quello di un etere materiale.

Non occorrono esempi per convincervi che un evento è un fatto complesso e che le relazioni fra due eventi formano una complicazione quasi inestricabile. Il criterio scoperto dal senso comune ed usato sistematicamente nella scienza è quello che ho definito altrove legge di convergenza verso il semplice per diminuzione di estensione [1].

Se A e B sono due eventi, ed A' è parte di A, e B è parte di B, allora sotto molti rispetti le relazioni fra le parti A' e B' saranno piú semplici che le relazioni fra A e B. È questo il principio che regola tutti gli sforzi per raggiungere un'esatta osservazione.

Il primo risultato dell'uso sistematico di questa legge è stato la formulazione dei concetti astratti del tempo e dello spazio. Nel capitolo precedente ho esposto per sommi capi come è stato applicato questo principio per ottenere la serie temporale. Passerò ora a considerare come si ottengono con lo stesso metodo gli enti spaziali. Il procedimento sistematico è identico in sede di principio in tutti e due i casi, ed io l'ho definito il « metodo dell'astrazione estensiva ».

Si ricorderà che nell'ultimo capitolo ho definito il concetto di un insieme astrattivo di durate. Questa definizione vale per qualunque evento, tanto per eventi limitati quanto per le durate. Il solo cambiamento richiesto consiste nella sostituzione del termine « evento » al termine « durata ». Quindi, un insieme astrattivo di eventi è una serie di eventi che possiede le due seguenti proprietà: 1) di due membri qualunque dell'insieme l'uno contiene l'altro come propria parte; 2) non c'è alcun evento che

[1] Cfr. *Organisation of Thought*, 1917, p. 146 e seg.

sia parte comune di tutti i membri dell'insieme. Un insieme del genere, come ricorderete, possiede le proprietà di un giuoco cinese, che è un insieme di scatole l'una dentro l'altra, con la differenza che il giuoco ha una scatola minima, mentre la classe astrattiva né ha un evento minimo, né converge verso un evento limite che non sia piú membro dell'insieme.

Quindi, per quanto riguarda l'insieme astrattivo di eventi, un insieme astrattivo non tende a nulla. C'è un insieme coi propri membri che diventano indefinitamente sempre piú piccoli, via via che si procede col pensiero verso il termine minimo della serie; ma non si può raggiungere alcun termine assolutamente minimo. Di fatto l'insieme è solo se stesso, e non indica nel campo degli eventi null'altro che se stesso. Ma ogni evento possiede un carattere intrinseco nel modo di costituire una situazione di oggetti e di avere parti che sono situazioni di oggetti e — per esprimersi piú genericamente — nel modo di essere un campo della vita della natura. Questo carattere si può definire con espressioni quantitative indicanti le relazioni fra le varie quantità intrinseche all'evento o fra tali quantità ed altre intrinseche ad altri eventi. Nel caso di eventi di estensione spazio-temporale considerevole, quest'insieme di espressioni quantitative raggiunge una complessità spaventosa. Sia e un evento e si indichi con $q\ (e)$ l'insieme di espressioni quantitative che ne definiscono il carattere includente i suoi rapporti col resto della natura. Siano inoltre e_1, e_2, e_3, ecc. un insieme astrattivo, coi membri in ordine tale che ogni membro e_n si estenda sopra tutti i membri successivi e_{n+1}, e_{n+2}, ecc. Allora in corrispondenza della serie

$$e_1,\ e_2,\ e_3,\ \ldots\ e_n,\ e_{n+1}\ \ldots,$$

vi sarà la serie

$$q(e_1),\ q(e_2),\ q(e_3),\ \ldots\ q(e_n),\ q(e_{n+1}),\ \ldots$$

Chiamiamo s la serie degli eventi, e $q(s)$ la serie delle espressioni quantitative. La serie s non ha un termine ultimo e nessun termine che sia contenuto in ogni membro della serie stessa. Di

conseguenza, la serie degli eventi non è convergente: è unicamente se stessa. Anche la serie $q(s)$ non ha termine ultimo; però i gruppi di quantità omologhe passando attraverso i vari termini della serie convergono verso limiti definiti. Per esempio, se Q_1 è una misurazione quantitativa ritrovata in $q(e_1)$, e Q_2 l'omologa di Q_1 da ritrovarsi in $q(e_2)$, e Q_3 l'omologa di Q_1 e Q_2 da ritrovarsi in $q(e_3)$, e così via, allora la serie

$$Q_1,\ Q_2,\ Q_3,\ \ldots\ Q_n,\ Q_{n+1},\ \ldots;$$

sebbene non possieda un termine ultimo, convergerà in generale verso un limite definito.

Di conseguenza esiste una classe di limiti $l(s)$ che è la classe dei limiti di quei membri di $q(e_n)$ che hanno misurazioni omologhe per la serie $q(s)$, col crescere indefinito di n. Possiamo esprimere simbolicamente questa caratteristica con una freccia ($\longrightarrow$) per indicare « tende a ». Allora

$$e_1,\ e_2,\ e_3,\ \ldots,\ e_n,\ e_{n+1},\ \ldots \longrightarrow \text{nulla}$$

mentre

$$q(e_1),\ q(e_2),\ q(e_3),\ \ldots,\ q(e_n),\ q(e_{n+1}),\ \ldots \longrightarrow l(s).$$

Le relazioni reciproche fra i limiti dell'insieme $l(s)$, e anche fra questi limiti e i limiti di altri insiemi $l(s')$, $l(s'')$, ..., (derivati da altri insiemi astrattivi s', s'', ecc.), possiedono una semplicità peculiare.

Così l'insieme s sta ad indicare una semplicità ideale di relazioni naturali, sebbene questa semplicità non sia il carattere di nessun evento attuale di s. Possiamo avvicinarci ad una semplicità tale che valutata numericamente sia ristretta quanto vogliamo, purché si scelga un evento abbastanza avanti nella serie verso l'estremo inferiore. Si osserverà che ciò che ha importanza è la serie infinita, in quanto si svolge in una successione indefinita verso l'estremo inferiore. L'evento ampio quanto si vuole, con cui s'inizia la serie, non ha importanza alcuna. Possiamo escludere arbitrariamente qualunque insieme di eventi dal lato dell'estremo maggiore di un insieme astrattivo, senza perdere nessuna proprietà caratteristica dell'insieme così modificato.

Il carattere limite delle relazioni naturali espresso da un insieme astrattivo, lo chiamo il « carattere intrinseco » dell'insieme: mentre le proprietà, connesse con la relazione di tutto e parte rispetto ai suoi membri, per le quali un insieme astrattivo è definito nell'insieme formano ciò che io dico il suo « carattere estrinseco ». Il fatto che il carattere estrinseco di un insieme astrattivo determini un carattere intrinseco definito spiega l'importanza dei concetti specifici dello spazio e del tempo. In questo fatto che un carattere intrinseco definito emerge da un insieme astrattivo consiste il significato precipuo della legge di convergenza.

Per esempio, noi vediamo un treno che si avvicina per la durata di un minuto. L'evento, che costituisce la vita della natura in quel treno durante quel minuto, è di complessità enorme e delude il nostro sforzo di esprimere le sue relazioni e gli ingredienti del suo carattere. Se consideriamo un solo secondo di quel minuto, l'evento piú ristretto cosí ottenuto risulta piú semplice rispetto ai suoi costituenti; e periodi sempre piú brevi, come un decimo di quel secondo, o un centesimo o un millesimo — purché si abbia un procedimento definito per ottenere una successione definita di eventi in diminuzione — ci presentano eventi i cui caratteri ingredienti convergono verso la semplicità ideale del carattere del treno in un istante definito. Vi sono inoltre tipi diversi di tale convergenza verso il semplice. Per esempio, possiamo condurre la convergenza verso il carattere limite esprimente la natura in un istante dentro l'intero volume del treno in quell'istante, o verso la natura istantanea dentro qualche porzione di quel volume — per esempio la caldaia della macchina — o verso la natura istantanea in qualche area della superficie, o verso la natura istantanea in qualche linea del treno, o anche verso la natura istantanea in qualche punto del treno. Nell'ultimo caso i caratteri limite saranno espressi semplicemente come densità, pesi specifici e tipi di materiale. Inoltre non ci è necessario assumere come limite di convergenza un'astrazione che implichi la natura in un istante. Il limite di convergenza può essere rappresentato dagli ingredienti fisici di

un particolare attraverso l'intero minuto. Di conseguenza vi sono differenti tipi di caratteri estrinseci di convergenza, per cui ci si approssima a differenti tipi limite di caratteri intrinseci.

Passiamo ora ad indagare le possibili connessioni fra gli insiemi astrattivi. Un insieme può « ricoprire » un altro. Tale proprietà la definisco come segue: un insieme astrattivo p ricopre un insieme astrattivo q, quando ogni membro di p contiene come proprie parti qualche membro di q. È evidente che se un evento qualunque e contiene come parte un membro qualunque dell'insieme q, allora secondo la proprietà transitiva dell'estensione ogni membro successivo decrescente di q è parte di e. In tal caso dirò che l'insieme astrattivo q « inerisce » all'evento e. E quindi, quando un insieme astrattivo p ricopre un insieme astrattivo q, l'insieme astrattivo q inerisce ad ogni membro di p.

Due insiemi astrattivi possono ricoprirsi a vicenda. In questo caso dirò che i due insiemi sono « equivalenti in forza astrattiva ». Quando non ci sia possibilità di equivoco dirò piú brevemente che i due insiemi sono « equivalenti ». La possibilità di questa equivalenza per gli insiemi astrattivi sorge dal fatto che ambedue gli insiemi p e q, sono serie infinite nella direzione dell'estremo inferiore. Cosí l'equivalenza significa che, dato un evento qualunque x appartenente a p, si può sempre, procedendo abbastanza innanzi nella direzione dell'estremo inferiore di q, trovare un evento y che sia parte di x; e che poi, procedendo abbastanza innanzi verso l'estremo inferiore di p, si può trovare un evento z che sia parte di y, e cosí indefinitamente.

L'importanza dell'equivalenza degli insiemi astrattivi nasce dal presupposto che i caratteri intrinseci dei due insiemi siano identici. Se cosí non fosse riuscirebbe impossibile l'osservazione esatta.

È ovvio che due insiemi astrattivi equivalenti ad un terzo sono equivalenti fra loro. Un « elemento astrattivo » è l'intero gruppo di insiemi astrattivi equivalenti. Quindi tutti gli insiemi astrattivi appartenenti allo stesso elemento sono equivalenti e convergono verso il medesimo carattere intrinseco. E quindi un

elemento astrattivo è il gruppo di processi di approssimazione verso un definito carattere intrinseco di semplicità ideale, che possa rappresentare un limite tra i fatti naturali.

Se un insieme astrattivo p ricopre un insieme astrattivo q, qualunque insieme astrattivo appartenente allo stesso elemento astrattivo di p è membro, ricoprirà qualunque insieme astrattivo appartenente all'elemento di cui è membro q. Di conseguenza, è opportuno estendere il significato del termine « ricoprire » e parlare di un elemento astrattivo « ricoprente » un altro elemento astrattivo. Se cerchiamo di estendere nello stesso modo il significato del termine « equivalente » nel senso di « equivalente in forza astrattiva », è ovvio che un elemento astrattivo risulta soltanto equivalente a se stesso. Cosicché un elemento astrattivo possiede una capacità astrattiva unica ed è il modello schematico degli eventi, che rappresenta uno specifico carattere intrinseco, ottenuto come limite servendosi del principio di convergenza al semplice per diminuzione di estensione.

Quando un elemento astrattivo A ricopre un elemento astrattivo B, il carattere intrinseco di A include in un certo senso il carattere intrinseco di B. Ne risulta che le proposizioni valide per il carattere intrinseco di B sono in un certo senso valide anche per il carattere intrinseco di A; ma il carattere intrinseco di A è piú complesso di quello di B.

Gli elementi astrattivi formano gli elementi fondamentali dello spazio e del tempo, e con questo torniamo all'esame delle proprietà implicate nella formazione di classi speciali di tali elementi. Nel capitolo precedente ho già esaminato una classe di elementi astrattivi, cioè quella dei momenti. Ogni momento è un gruppo di insiemi astrattivi e gli eventi membri di questo insieme sono tutti membri di un'unica famiglia di durate. I momenti di una stessa famiglia formano una serie temporale; e, ammessa l'esistenza di differenti famiglie di momenti, ci saranno in natura serie temporali diverse. Cosicché il metodo dell'astrazione estensiva spiega l'origine delle serie temporali in termini di dati immediati dell'esperienza e permette a un tempo di con-

cepire l'esistenza di serie temporali multiple, come richiede la moderna teoria della relatività elettromagnetica.

Torniamo ora allo spazio. Occorre anzitutto determinare la classe di elementi astrattivi che in qualche modo costituiscono i punti dello spazio. Un tale elemento astrattivo deve esprimere in qualche modo una convergenza verso un minimo assoluto di carattere intrinseco. Euclide ha definito per sempre il concetto generale di punto come un ente senza parti e senza grandezza. Ed è appunto questo carattere di minimo assoluto che vogliamo ottenere ed esprimere per mezzo dei caratteri estrinseci degli insiemi astrattivi che determinano un punto. Inoltre i punti cosí ottenuti rappresentano l'ideale di eventi senza estensione, sebbene non esistano di fatto enti corrispondenti a questi eventi ideali. Questi punti non possono essere i punti di uno spazio esterno senza tempo, ma i punti di uno spazio istantaneo; mentre noi in definitiva si vuole pervenire allo spazio senza tempo della scienza fisica, ed anche del pensiero comune, ormai intinto di concetti scientifici. Sarà quindi opportuno riservare il termine « punto » per questi spazi, quando tratteremo di essi; mentre per i limiti ideali minimi degli eventi userò la denominazione di « evento puntiforme ». Cosicché un evento puntiforme è un elemento astrattivo ed in quanto tale un gruppo di insiemi astrattivi ed un punto — ossia un punto di uno spazio senza tempo — sarà una classe di evento puntiforme.

Vi è inoltre uno spazio atemporale distinto in corrispondenza di ogni serie temporale distinta, cioè di ogni distinta famiglia di durate. Riprenderemo piú avanti la questione dei punti di uno spazio atemporale. Vi ho accennato ora solo a titolo di orientamento. La totalità dell'evento puntiforme formerà varietà a quattro dimensioni, la dimensione in piú derivando dal tempo, o, in altre parole, derivando dai punti di uno spazio atemporale, ciascuno dei quali è una classe di evento puntiforme.

Il carattere richiesto dagli insiemi astrattivi, che costituiscono l'evento puntiforme, sarebbe provato, se riuscissimo a definirli come forniti della proprietà di essere ricoperti da un

insieme astrattivo qualunque che anch'essi ricoprono. Poiché allora qualunque altro insieme astrattivo ricoperto da un insieme astrattivo di evento puntiforme, sarebbe equivalente a questo, e sarebbe perciò un membro dello stesso evento puntiforme. Di conseguenza un evento puntiforme non potrebbe ricoprire alcun altro elemento astrattivo. È questa la definizione da me proposta per la prima volta al congresso di Parigi del 1914[1]. Ma in questa definizione è tuttavia racchiusa una difficoltà, se viene assunta senza ulteriori precisazioni, ed al presente la via da me seguita nella memoria citata per superare tale difficoltà non mi soddisfa piú.

La difficoltà è questa: quando l'evento puntiforme è stato definito una volta, è facile definire l'aggregato di evento puntiforme che costituisce il confine di un evento; e quindi definire il punto di contatto terminale fra una coppia di eventi di cui uno sia parte dell'altro. Allora ci è possibile spiegare tutte le complicazioni dei casi di tangenza. In particolare, potremo concepire un insieme astrattivo, tutti i membri del quale abbiano un punto di contatto con lo stesso evento puntiforme. E sarà facile allora provare che non ci sarà alcun insieme astrattivo con la proprietà di essere ricoperto da un insieme astrattivo qualunque, che esso medesimo ricopre. Mi dilungo alquanto a proposito di questa difficoltà, perché serve allo sviluppo del mio ragionamento. Siamo cosí condotti a porre qualche condizione alla proprietà radicale dell'insieme astrattivo di essere ricoperto da un altro insieme astrattivo, che esso ricopre a sua volta. Nel ricercare quali sono queste condizioni richieste, troviamo che tutti gli altri importanti elementi astrattivi spaziali e spazio-temporali da aggiungersi all'evento puntiforme si possono definire nello stesso modo, variando opportunamente le condizioni. E quindi noi seguiamo un procedimento generale valido anche al di là dell'evento puntiforme.

[1] Cfr. *La Théorie relationniste de l'espace*, in « Revue de Métaphysique et de Morale », t. XXIII, 1916.

Sia σ il simbolo per una condizione qualunque, soddisfatta da alcun insieme astrattivo. Dico che un insieme astrattivo è « σ primo », quando possiede le due proprietà: 1) di soddisfare la condizione σ; 2) di essere ricoperto da ogni insieme astrattivo, che sia ad un tempo ricoperto da esso e soddisfi a sua volta la condizione σ.

In altri termini, non si può ottenere alcun insieme astrattivo, che soddisfi la condizione σ e presenti un carattere intrinseco piú semplice di quello di σ-primo.

Ci sono inoltre gli insiemi astrattivi correlativi che io chiamo insiemi di σ-antiprimi. Un insieme astrattivo è un σ-antiprimo, quando possiede le due proprietà, 1) di soddisfare la condizione σ e 2) di ricoprire ogni insieme astrattivo che lo ricopra a sua volta e soddisfi la condizione σ. In altri termini, non è possibile ottenere un qualunque insieme astrattivo che soddisfi la condizione σ e presenti un carattere intrinseco piú complesso di quello di un σ-antiprimo.

Il carattere intrinseco di un σ-primo ha un minimo di completezza fra gli insiemi astrattivi soggetti alla condizione di soddisfare σ; mentre il carattere intrinseco di un σ-antiprimo ha un corrispondente massimo di completezza, ed include tutto ciò che le circostanze permettono.

Vediamo anzitutto quale aiuto ci offra la nozione degli antiprimi per la definizione dei momenti, proposta nel capitolo precedente. La condizione σ rappresenti la proprietà di essere una classe i cui membri sono tutte durate. Un insieme astrattivo che soddisfi questa condizione sarà quindi un insieme astrattivo composto totalmente di durate. È opportuno allora definire un momento come il gruppo di insiemi astrattivi equivalente ad un certo σ-antiprimo, dove la condizione σ assuma questo speciale significato. Ne risulterà allora: 1) che ogni insieme astrattivo costituente un momento è un σ-antiprimo, dove σ abbia questo speciale significato; 2) che abbiamo escluso dalla serie dei momenti gli insiemi astrattivi di durate che abbiano un solo estremo in comune, o l'iniziale o il finale. Si escludono cosí i casi

speciali atti a produrre confusione nel ragionamento. La nuova definizione di momento, che sostituisce la precedente, è assai piú precisa ed utile, in grazia della nozione degli antiprimi.

La condizione speciale simboleggiata da « σ » nella definizione dei momenti implicava un *quid* addizionale a quanto si può dedurre dalla mera nozione di estensione. Una durata presenta al pensiero una totalità. La nozione di totalità non rientra in quella di estensione, sebbene ambedue si intersechino nella nozione di durata.

Del pari la particolare condizione « σ », richiesta per la definizione di un evento puntiforme, si deve ricercare al di fuori della mera nozione di estensione. La stessa osservazione vale ancora per le condizioni particolari richieste per gli altri elementi spaziali. Questa nozione addizionale si ottiene distinguendo la nozione di « posizione » dalla nozione di convergenza ad uno zero ideale di estensione, indicato da un insieme astrattivo di eventi.

Per comprendere questa distinzione si consideri un punto di uno spazio istantaneo, concepito come rivelantesi a noi in uno sguardo istantaneo. Questo punto è un evento puntiforme, ed ha due aspetti. Per un verso, esso è dov'è: è questa la sua posizione nello spazio. Per un altro verso, esso è ottenuto ignorando lo spazio ambientale, e concentrando l'attenzione sull'insieme di eventi sempre piú piccoli che si approssima ad esso: e questo è il suo carattere estrinseco. Cosicché un punto possiede tre caratteri, cioè una posizione nello spazio istantaneo totale, un carattere estrinseco e un carattere intrinseco. Lo stesso vale per un altro elemento spaziale qualunque. Per esempio, un volume istantaneo nello spazio istantaneo possiede tre caratteri, cioè una posizione, un carattere estrinseco, come gruppo di insiemi astrattivi, e un carattere intrinseco, che è il limite delle proprietà naturali indicato da un qualunque di questi insiemi astrattivi.

Prima di poter trattare della posizione nello spazio istantaneo, bisogna evidentemente chiarir bene che cosa s'intende per

spazio istantaneo in se stesso. Lo spazio istantaneo si deve considerare come un carattere del momento, in quanto il momento è tutta la natura in quell'istante. Non può essere però un carattere intrinseco del momento, poiché il carattere intrinseco esprime il carattere limite della natura nello spazio a quell'istante. Lo spazio istantaneo deve essere l'unione di elementi astrattivi considerati nelle loro relazioni reciproche. Quindi uno spazio istantaneo è l'unione degli elementi astrattivi ricoperti da un dato momento, ed è lo spazio istantaneo di quel momento.

Dobbiamo ora chiederci quale carattere si ritrovi in natura capace di far corrispondere agli elementi di uno spazio istantaneo differenti qualità di posizione. Questo problema ci porta immediatamente all'intersezione dei momenti, argomento che finora non avevamo toccato.

Il luogo dell'intersezione di due momenti è l'unione degli elementi astrattivi ricoperti da entrambi. Ora due momenti della stessa serie temporale non possono intersecarsi; mentre due momenti di famiglie differenti s'intersecano necessariamente. Di conseguenza nello spazio istantaneo di un momento dovremmo aspettarci che le proprietà fondamentali siano segnate dall'intersezioni con momenti di altre famiglie. Se M è un momento dato, l'intersezione di M con un altro momento A è un piano istantaneo nello spazio istantaneo di M; e se B è un terzo momento intersecante M ed A, l'intersezione di M con B è un altro piano ancora nello spazio M. Anche l'intersezione comune di A, B ed M è l'intersezione di due piani nello spazio M, cioè una retta nello spazio M. C'è poi il caso eccezionale che B ed M s'intersechino nello stesso piano di A ed M. Inoltre, se C è un quarto momento, allora, tranne casi speciali che possiamo benissimo trascurare, esso intersecherà M in un piano incontrato dalla linea retta (A, B, M). Cosí in generale è possibile un'intersezione comune a quattro momenti di diverse famiglie. Questa intersezione comune è un'unione di elementi astrattivi ciascuno dei quali è ricoperto da tutti i quattro momenti (o « giace in essi »). La proprietà tridimensionale dello spazio istantaneo de-

riva da questo, che (prescindendo da relazioni speciali fra i quattro momenti) qualunque altro momento o comprende il « tutto » della loro intersezione comune, oppure non ne comprende alcuna « parte ». Non è possibile dividere ulteriormente l'intersezione comune per mezzo di altri momenti: vale in questo caso il principio « o tutto o niente ». Non è questa una verità *a priori*, bensí un fatto empirico di natura.

Sarà opportuno riservare i termini spaziali usuali « piano », « linea retta », « punto » per gli elementi dello spazio atemporale di un sistema temporale. Di conseguenza, un piano istantaneo nello spazio istantaneo di un momento lo diremo *planum*, una retta istantanea la diremo *recta*, ed un punto istantaneo lo diremo *punctum*. Cosí un *punctum* è l'unione degli elementi astrattivi che appartengono a ciascuno dei quattro momenti le cui famiglie sono estranee l'una all'altra. Cosí se P è un momento qualunque, ogni altro elemento astrattivo appartenente ad un *punctum* dato o sta in P, oppure nessun elemento astrattivo di quel *punctum* appartiene a P.

La posizione è la qualità posseduta da un elemento astrattivo in virtú dei momenti a cui esso appartiene. Gli elementi astrattivi insiti nellό spazio istantaneo di un dato momento M sono differenti da ciascun altro dei vari momenti che intersecano M in modo da contenere selezioni diverse di questi elementi astrattivi. Questa differenziazione degli elementi costituisce la loro differenza di posizione. Un elemento astrattivo appartenente a un *punctum* possiede il tipo piú semplice di posizione in M; un elemento astrattivo appartenente ad una *recta* ma non ad un *punctum* possiede una qualità di posizione piú complessa; un elemento astrattivo appartenente ad un *planum* e non ad una *recta* possiede una qualità di posizione ancora piú complessa; e finalmente la qualità di posizione piú complessa di tutte appartiene ad un elemento astrattivo che appartenga ad un volume e non ad un *planum*. Ma di volume non abbiamo ancora parlato, se ne parlerà nel capitolo seguente.

Evidentemente *plana*, *rectae* e *puncta*, nella loro capacità di

costituire aggregati infiniti, non possono essere oggetti di sensazione, e neppure limiti cui tenda la sensazione. Qualunque membro di un *planum* possiede una certa qualità derivante dal suo carattere di appartenenza comune ad un certo insieme di momenti, ma il *planum* nel suo complesso è una mera nozione logica senza alcun procedimento di approssimazione applicabile agli enti posti nella sensazione.

D'altro lato, un evento puntiforme è definito in quanto presenta il carattere di costituire un procedimento di approssimazione che si serve degli enti dati nella sensazione. Un evento puntiforme definito è tale in rapporto ad un *punctum* definito nel modo seguente: sia σ la condizione che significa la proprietà di ricoprire tutti gli elementi astrattivi membri di quel *punctum*; per modo che un insieme astrattivo che sodisfi la condizione σ, sia un insieme astrattivo che ricopre ogni elemento astrattivo appartenente al *punctum*. Allora l'evento puntiforme associato col *punctum* si definisce come il gruppo di tutti i σ-primi, dove σ abbia questo significato particolare.

È evidente che — per questo significato di σ — ogni insieme astrattivo equivalente ad un σ-primo è esso stesso un σ-primo. E per conseguenza un evento puntiforme cosí definito, è un elemento astrattivo, cioè il gruppo di quegli insiemi astrattivi ciascuno dei quali è equivalente ad un insieme astrattivo dato. Espressa in una formula, la definizione dell'evento puntiforme associato con un *punctum* dato che diremo π, è la seguente: l'evento puntiforme associato a π è il gruppo delle classi astrattive, ognuna delle quali ha le due proprietà: 1) di ricoprire ogni insieme astrattivo in π; 2) che tutti gli insiemi astrattivi, sodisfacenti pure la condizione precedente rispetto a π, e che essa ricopre, ricoprono essa pure.

Un evento puntiforme ha posizione in quanto è associato ad un *punctum*, ed inversamente il *punctum* acquista il suo carattere derivato di procedimento di approssimazione dalla sua associazione con l'evento puntiforme. Questi due caratteri di un punto ricorrono sempre in qualunque trattazione della deriva-

zione di un punto dall'osservazione dei fatti naturali, ma in generale non ne viene chiaramente riconosciuta la differenza.

La semplicità peculiare di un punto istantaneo ha una duplice origine, una connessa con la posizione, cioè a dire col suo carattere di *punctum*, e l'altra connessa col suo carattere di evento puntiforme. La semplicità del *punctum* deriva dalla sua indivisibilità rispetto al momento.

Questa semplicità di un evento puntiforme dipende dall'indivisibilità del suo carattere intrinseco. Il carattere intrinseco di un evento puntiforme è indivisibile nel senso che ogni insieme astrattivo da esso ricoperto presenta lo stesso carattere intrinseco. Ne segue che, sebbene vi siano diversi elementi astrattivi ricoperti da eventi puntiformi, non c'è nessun vantaggio nel tenerne conto, poiché non si raggiunge una maggiore semplicità nell'espressione delle proprietà naturali.

Questi due caratteri di semplicità, di cui godono rispettivamente gli eventi puntiformi e i *puncta*, dànno un significato all'espressione di Euclide, « senza parti e senza grandezza ».

È evidente l'opportunità di eliminare dai nostri ragionamenti tutti questi insiemi astrattivi disorganici, che sono ricoperti da eventi puntiformi, senza tuttavia esserne membri. Essi non ci forniscono nulla di nuovo riguardo al carattere intrinseco e quindi possiamo pensare le *rectae* ed i *plana* semplicemente come luoghi di evento puntiforme. Cosí facendo anche noi isoliamo questi elementi astrattivi che ricoprono l'insieme di evento puntiforme, senza che questi elementi siano essi stessi eventi puntiformi. Alcune classi di questi elementi sono però di grande importanza, e ne tratterò piú avanti in questo ed in altri capitoli; ma per ora le ignoro. Però sempre preferirò l'espressione « evento puntiforme » a quella di *punctum*, che è un termine artificioso, e non mi va troppo a genio.

Il parallelismo fra *rectae* e *plana* si può adesso spiegare.

Si consideri lo spazio istantaneo appartenente ad un momento A, ed A appartenga alla serie temporale dei momenti che chiamerò α. Sia β un'altra serie qualunque di momenti. I mo-

menti di β non si intersecano fra di loro, mentre intersecano il momento A in una famiglia di *plana*. Nessuno di questi *plana* ne interseca un altro ed essi formano una famiglia di *plana* paralleli istantanei nello spazio istantaneo del momento A. Cosicché il parallelismo dei momenti in una serie temporale produce il parallelismo dei *plana* in uno spazio istantaneo, e quindi, com'è facile vedere, il parallelismo delle *rectae*. Di conseguenza la proprietà euclidea dello spazio nasce dalla proprietà parabolica del tempo. Può darsi vi sia motivo per adottare una concezione iperbolica del tempo ed una corrispondente concezione iperbolica dello spazio. Una teoria del genere non è stata ancora costruita, e quindi non si può giudicare del carattere di evidenza che potrebbe deporre in suo favore.

La teoria di un ordine nello spazio istantaneo deriva immediatamente dall'ordine temporale. Si consideri infatti lo spazio di un momento M. Sia α il simbolo di un sistema temporale a cui M non appartiene. Siano ancora A_1, A_2, A_3, ecc. i momenti di α nell'ordine del loro accadere. Allora A_1, A_2, A_3, ecc. intersecano M in *plana* paralleli l_1, l_2, l_3, ecc. E quindi l'ordine relativo dei *plana* paralleli nello spazio di M è il medesimo dell'ordine relativo dei momenti corrispondenti nel sistema temporale α. Qualunque *recta* di M, che intersechi tutti questi *plana* nella propria serie di *puncta*, riceve perciò tramite i suoi *puncta* un ordine di posizione in M. Cosí l'ordine spaziale deriva dall'ordine temporale. Inoltre vi sono diversi sistemi temporali, ma vi è un solo ordine spaziale definito per ogni spazio istantaneo. Di conseguenza i modi differenti di derivare l'ordine spaziale dai differenti sistemi temporali devono armonizzare con un unico ordine spaziale in ogni spazio istantaneo. In questo modo si possono anche comparare diversi ordini temporali.

Dobbiamo ancora risolvere due gravi problemi per completare la nostra teoria dello spazio. Uno di questi è il problema della determinazione dei metodi di misurazione nello spazio, o in altre parole la teoria della congruenza dello spazio. La misurabilità dello spazio è strettamente connessa con la misu-

rabilità del tempo, rispetto alla quale non abbiamo ancora determinato alcun principio. Quindi, la nostra teoria della congruenza tratterà contemporaneamente dello spazio e del tempo. Il secondo problema è la determinazione dello spazio atemporale, cioè corrispondente ad un qualunque sistema temporale particolare con la sua serie infinita di spazi istantanei nei suoi successivi momenti. È questo lo spazio — o piuttosto gli spazi — della scienza fisica. Di solito si lascia cadere il problema di questo tipo di spazio, col dire che è meramente concettuale. Io non comprendo il valore di questa espressione; suppongo si sia d'accordo che lo spazio è la concezione di qualcosa esistente nella natura, e quindi se lo spazio della scienza fisica ha da essere concettuale, io chiedo di quale ente in natura esso sia il concetto. Per esempio, quando si parla di un punto nello spazio senza tempo della scienza fisica, io presumo si stia parlando di qualcosa esistente in natura. Se non fosse cosí, i nostri scienziati eserciterebbero la loro sagacia nel regno della pura fantasia, il che non si può evidentemente sostenere. Questa richiesta di un *habeas corpus* definito riguardante la produzione degli enti fondamentali della natura si esprime nella domanda se lo spazio sia relativo o assoluto. Secondo la teoria della relatività, si può arguire che per la scienza fisica non c'è uno spazio atemporale, ma solo la serie momentanea di spazi istantanei.

Ma allora occorre spiegare che cosa significa l'affermazione molto comune che il tale uomo percorse quattro miglia durante quella data ora. Come si può misurare la distanza di uno spazio da un altro spazio? Capisco che si possa calcolare un percorso su una carta topografica, ma il dire che Cambridge alle dieci di questa mattina nello spazio istantaneo appropriato per quell'istante dista 52 miglia da Londra alle undici di questa mattina nello spazio istantaneo appropriato per quell'istante, supera ogni mio comprensione. Io credo che, quando questa espressione assume un significato, si troverà che si è costruito ciò che di fatto è uno spazio atemporale. Ciò che non riesco a comprendere è come si possa dare un senso a tale espressione, senza ri-

correre in effetti ad una simile costruzione. Posso anche aggiungere che non so come gli spazi istantanei possano essere correlati in uno spazio unico con qualunque metodo fondato sulle comuni teorie dello spazio.

Avrete osservato che con l'aiuto dell'assunzione di piú sistemi temporali siamo pervenuti a spiegare il carattere dello spazio. Nella scienza naturale « spiegare » significa semplicemente scoprire « rapporti ». Per esempio, in un certo senso non si dà spiegazione del rosso che vediamo: è rosso, e non si può dire altro al riguardo. O ci è presente nella sensazione, oppure ignoriamo l'ente rosso. Ma la scienza dà una spiegazione del rosso; ossia essa ha scoperto rapporti fra il rosso come fattore naturale ed altri fattori naturali, per esempio le onde della luce che sono onde di perturbazioni elettromagnetiche. Vi sono anche diversi stati patologici del corpo che portano a vedere il colore rosso, senza la presenza delle onde luminose. Cosí sono stati scoperti rapporti fra il rosso presente nella sensazione e vari altri fattori della natura. La scoperta di questi rapporti costituisce la spiegazione scientifica della nostra visione dei colori. In modo simile la dipendenza del carattere dello spazio dal carattere del tempo costituisce una spiegazione nel senso in cui la scienza dà spiegazioni. L'intelletto sistematico ha in orrore i nudi fatti. Il carattere dello spazio è stato finora presentato come una collezione di nudi fatti, di fatti ultimi e sconnessi. La teoria da me proposta elimina questa sconnessione dei fatti dello spazio.

V. Spazio e moto

Argomento di questo capitolo è la continuazione del tentativo di spiegare la costruzione degli spazi in quanto astratti dai fatti della natura. Si era notato alla fine del capitolo precedente che il problema della congruenza non era stato risolto, e nemmeno la costruzione di uno spazio atemporale, che dovrebbe organizzare i successivi spazi momentanei di un dato sistema temporale. Inoltre, si era osservato anche che molti elementi astrattivi spaziali non avevano ancora ricevuto una definizione. Considereremo ora anzitutto la definizione di alcuni di questi elementi astrattivi, ossia la definizione dei solidi, delle aree e delle traiettorie. Per « traiettorie » intendo un segmento lineare, tanto retto che curvo. L'esposizione di queste definizioni e le spiegazioni preliminari necessarie, serviranno, io spero, di chiarimento della funzione dell'evento puntiforme nell'analisi della natura.

Si osservi che gli eventi puntiformi possiedono una « posizione » l'uno rispetto all'altro. Nel capitolo precedente, definivo la posizione come la qualità ottenuta da un elemento spaziale in virtú dei momenti intersecanti che lo ricoprono. Quindi ogni evento puntiforme possiede una posizione in questo sensc. L'espressione piú semplice della posizione in natura di un evento puntiforme si ottiene fissando anzitutto un qualunque sistema temporale definito, che chiameremo α. Ci sarà un solo momento della serie temporale di α che ricoprirà l'evento puntiforme dato. Quindi la posizione dell'evento puntiforme nella serie temporale di α è definita da questo momento, che diremo M. La po-

sizione dell'evento puntiforme nello spazio di M risulta allora definita nel modo ordinario da tre *plana* che si intersecano in esso, e in esso soltanto. Questo procedimento per definire la posizione dell'evento puntiforme mostra che l'aggregato di evento puntiforme costituisce una varietà quadridimensionale. Un evento finito occupa un tratto limitato di questa varietà, nel senso che ora spiegheremo.

Sia e un evento dato qualunque. La varietà di evento puntiforme rispetto ad e appartiene a tre insiemi. Ogni evento puntiforme è un gruppo di insiemi astrattivi equivalenti ed ogni insieme astrattivo in direzione dell'estremo minore è composto di eventi finiti sempre piú piccoli. Allorché da questi eventi finiti, che entrano a costituire un dato evento puntiforme, scegliamo quelli abbastanza piccoli, si deve presentare uno di questi tre casi. O 1) tutti questi eventi piccoli sono interamente separati dall'evento dato e; o 2) tutti questi eventi piccoli sono parti dell'evento e; o ancora 3) tutti questi eventi piccoli ricoprono l'evento e, ma non ne sono parti. Nel primo caso si dirà che l'evento puntiforme « sta fuori » dell'evento e, nel secondo che esso « sta dentro » l'evento e, e nel terzo caso che la particella d'evento è un evento puntiforme di confine dell'evento e. Cosí si hanno tre classi di particelle, ossia la classe di quelle che stanno nell'evento e, la classe di quelle che ne stanno fuori, e il confine dell'evento e, che è la classe delle particelle limite di e. Poiché un evento è quadridimensionale, il confine di un evento è una varietà tridimensionale. Per un evento finito vi è un confine continuo; per una durata il confine consiste in quell'evento puntiforme che è ricoperto da ciascuno dei due momenti confinanti. Quindi il confine di una durata consiste di due spazi momentanei tridimensionali. Si dirà che un evento « occupa » l'aggregato di evento puntiforme che sta dentro di esso.

Due eventi in « congiunzione », nel senso dato a questo vocabolo nel capitolo precedente, ed inoltre separati in modo che nessuno dei due ricopra o sia parte dell'altro, si diranno « congiunti ».

Questa relazione di congiunzione risulta essere una relazione peculiare fra i confini di due eventi. I due confini devono possedere una porzione comune, che è in effetti un *locus* tridimensionale continuo di evento puntiforme nella varietà quadrimensionale.

Un *locus* tridimensionale di evento puntiforme, che è la porzione comune del confine di due eventi congiunti lo chiameremo un « solido ». Un solido può stare completamente o meno in un momento. Un solido che non sta in un solo momento si dirà « errante ». Un solido che sta in un solo momento si dirà invece un volume. Un volume si può definire come il *locus* dell'evento puntiforme nel quale un momento interseca un evento, purché i due possano intersecare. L'intersezione di un momento e di un evento consisterà evidentemente in quell'evento puntiforme che è ricoperto dal momento e sta nell'evento. L'identità delle due definizioni del volume risulta evidente se si tiene presente che un momento intersecante divide l'evento in due eventi congiunti.

Un solido cosí definito, sia esso errante o un volume, è un mero aggregato di eventi puntiformi rivelanti una certa qualità di posizione. Possiamo anche definire un solido come un elemento astrattivo. A questo fine ricorriamo alla teoria dei primi, esposta nel capitolo precedente. Sia σ la condizione valevole per il caso che ogni evento di un qualunque insieme astrattivo soddisfacente a essa contenga tutti gli eventi puntiformi di un solido particolare che stia in essa. Allora il gruppo di tutti gli σ-primi è l'elemento astrattivo associato col solido dato. Chiamerò questo elemento astrattivo il solido in quanto elemento astrattivo, ed il solido in quanto aggregato di evento puntiforme lo dirò *locus*. I volumi istantanei nello spazio istantaneo, che rappresentano gli ideali della nostra percezione sensibile, sono volumi in quanto elementi astrattivi, Ciò che percepiamo realmente con tutti i nostri sforzi di esattezza sono piccoli eventi situati abbastanza avanti in qualche insieme astrattivo appartenente al volume in quanto elemento astrattivo.

È difficile stabilire quale approssimazione si riesca a raggiungere nella percezione dei solidi erranti. Per certo non credo che si possa raggiungere una tale approssimazione del genere; e gli argomenti di chi crede in tale possibilità sono troppo sotto l'influenza della concezione materialistica della natura per avere qualche validità. Se la teoria einsteniana della gravitazione è vera, i solidi erranti sono di grande importanza per la scienza. Tutto il confine di un evento finito può essere considerato come un esempio particolare di solido errante in quanto *locus*. La sua proprietà peculiare di essere limitato gli impedisce di essere definibile come elemento astrattivo.

Quando un momento interseca un evento, interseca anche il confine di quell'evento. Questo *locus*, cioè la porzione di confine contenuta nel momento, è la superficie di confine del volume corrispondente dell'evento contenuto nel momento. È un *locus* bidimensionale.

Il fatto che ogni volume ha una superficie di confine costituisce l'origine della continuità dello spazio nella teoria del Dedekind.

Lo stesso momento può intersecare un altro evento in un altro volume, e quest'ultimo avrà pure un proprio confine. Nello spazio istantaneo del momento unico questi due volumi possono ricoprirsi reciprocamente nel modo solito, che non occorre io torni a spiegare in particolare, e cosí ritagliano porzioni l'uno dalla superficie dell'altro. Queste porzioni di superficie sono « aree momentanee ».

A questo punto non è necessario penetrare nella complessità di una definizione delle aree erranti. La loro definizione risulta abbastanza semplice, quando sia piú completamente indagata rispetto alle sue proprietà la varietà quadridimensionale dell'evento puntiforme.

Le aree momentanee si possono evidentemente definire come elementi astrattivi, usando l'identico metodo che ci servì per i solidi. Basta semplicemente sostituire nelle precedenti definizioni la parola « area » alla parola « solido ». E cosí pure, esatta-

mente come nel caso analogo del solido, ciò che percepiamo come approssimazione al nostro ideale di un'area è un piccolo evento abbastanza avanti in direzione dell'estremo inferiore di una delle equivalenti serie astrattive, che appartengono all'area in quanto elemento astrattivo.

Due aree momentanee situate nello stesso momento possono intersecarsi a vicenda in un segmento momentaneo, non necessariamente rettilineo. Un tale segmento si può definire a sua volta come elemento astrattivo, e vien detto allora « una traiettoria momentanea ». Non ci dilungheremo in considerazioni generali sulle traiettorie momentanee e nemmeno c'interessa approfondire l'esame ancor piú vago delle traiettorie mobili in generale. Ci sono invece due semplici classi di traiettorie che hanno un'importanza vitale. Una è l'insieme delle traiettorie momentanee e l'altra quella delle traiettorie erranti. Ambedue gli insiemi si possono classificare insieme come come traiettorie dirette. Cercheremo di definirli senza ricorrere alle definizioni di volume e di superficie.

I due tipi di traiettorie dirette li chiameremo traiettorie rettilinee e stazioni. Le traiettorie rettilinee sono traiettorie momentanee e le stazioni sono traiettorie erranti. Le prime sono traiettorie che per un certo riguardo giacciono in una *recta*. Due eventi puntiformi qualunque su una retta definiscono l'insieme di un evento puntiforme che sta fra di esse su quella *recta*. Sia σ la condizione soddisfatta da un insieme astrattivo, consistente nel fatto che due eventi puntiformi dati e l'evento puntiforme giacente fra le due sulla *recta* stiano tutti in ogni evento appartenente all'insieme astrattivo. Il gruppo degli σ-primi, in cui σ possiede questo valore, forma un elemento astrattivo. Tali elementi astrattivi sono traiettorie rettilinee. Essi sono i segmenti di linee rette istantanee, che rappresentano gli ideali della percezione esatta. La nostra percezione attuale, per quanto esatta, sarà la percezione di un evento piccolo abbastanza in basso in un insieme astrattivo dell'elemento astrattivo.

Una stazione è una traiettoria errante e nessun momento può

intersecare una stazione qualunque in piú di un evento puntiforme. Quindi una stazione comporta una comparazione delle posizioni nei loro rispettivi momenti dell'evento puntiforme da essa ricoperte. Le *rectae* nascono dall'intersezione dei momenti. Ma finora non si è parlato di nessuna proprietà degli eventi, per la quale si possa ritrovare un qualunque *locus* errante analogo.

Il problema generale della nostra ricerca consiste nel determinare un metodo di paragone delle posizioni in uno spazio istantaneo con le posizioni in altri spazi istantanei. Ci possiamo limitare agli spazi dei momenti paralleli di un unico sistema temporale. Come si devono paragonare le posizioni in questi diversi spazi? In altre parole, che cosa intendiamo per moto? È il problema fondamentale di qualunque teoria dello spazio relativistico, e come molti altri problemi fondamentali è facile lasciarlo insoluto. Non significa risolverlo rispondere che tutti sappiamo che cosa s'intende per moto. Naturalmente lo sappiamo, per quanto concerne la sensazione; ma io sto chiedendo che la vostra teoria dello spazio fornisca la natura di qualcosa di osservabile. Non eliminate il problema col presentare una teoria secondo la quale nulla c'è da osservare, e affermando in pari tempo che nondimeno noi osserviamo questo fatto inesistente, A meno che il moto non sia qualcosa come un fatto di natura, l'energia cinetica, l'impulso e tutti gli altri concetti fisici che ne dipendono svaniscono dal nostro elenco delle realtà fisiche. Perfino in questa epoca rivoluzionaria il mio conservatorismo si oppone all'identificazione di un impulso con un fantasma.

Affermo di conseguenza come un assioma che il moto è un fatto fisico. È qualcosa che si percepisce in natura. Il moto presuppone la quiete. Finché non sorga una teoria che vizii l'intuizione immediata, ossia vizii il giudizio acritico, che sorge immediatamente dalla sensazione, nessuno mette in dubbio che nel moto ci si lascia dietro ciò che resta fermo. Abramo nei suoi vagabondaggi perdette la patria, dovunque essa fosse. Una teoria del moto ed una teoria della quiete sono la stessa cosa vista da

punti differenti, che mettono in rilievo ora l'uno ora l'altro aspetto.

Ora, non è concepibile una teoria della quiete senza ammettere in qualche modo una teoria della posizione assoluta. Si concede di solito che lo spazio relativistico esclude qualunque posizione assoluta; mentre a mio parere questo è un errore. Tale presupposto deriva da una mancata distinzione, e cioè che si possono dare differenti definizioni della posizione assoluta. Questa possibilità è collegata con l'ammissione di differenti sistemi temporali. Cosí la serie degli spazi nei momenti paralleli di una serie temporale può avere una definizione propria della posizione assoluta in relazione all'insieme di eventi puntiformi di questi spazi successivi, per modo che ogni insieme consista di eventi puntiformi, ma per ogni spazio, tutto fornito della proprietà di possedere la stessa posizione assoluta in quella serie di spazi. Un tale insieme di eventi puntiformi costituirà un punto nello spazio atemporale di quel sistema temporale. Cosicché un punto è realmente una posizione assoluta nello spazio atemporale di un sistema temporale dato.

Ma sono possibili piú sistemi temporali, ed ogni sistema possiede un particolare gruppo di punti propri, vale a dire una propria definizione peculiare della posizione assoluta. Questa è precisamente la teoria che cercherò di costruire.

Nel ricercare in natura l'evidenza della posizione assoluta, non è di nessuna utilità ricorrere alla varietà quadridimensionale dell'evento puntiforme. Questa varietà è stata ottenuta estendendo il pensiero al di là dell'osservazione immediata. Non troveremo in esso che quanto vi abbiamo messo noi stessi per rappresentare nel pensiero le idee che sorgono dalla nostra diretta sensazione della natura. Per dare un carattere di evidenza alle proprietà ritrovabili nella varietà degli eventi puntiformi dobbiamo sempre far ricorso all'osservazione delle relazioni fra gli eventi. Il nostro problema consiste nel determinare quelle relazioni fra gli eventi che riescono alla proprietà della posizione assoluta in uno spazio senza tempo. È di fatto il problema

della determinazione del vero significato di uno spazio atemporale per la scienza fisica.

Nell'esaminare i fattori della natura rivelatici nell'immediatezza della sensazione dobbiamo notare che il carattere fondamentale del percepito consiste nell'« essere qui ». Un evento si distingue semplicemente come un fattore in un complesso determinato, in cui ogni fattore possiede una propria collocazione peculiare.

Ci sono due fattori che sono sempre ingredienti di questo complesso: uno è la durata, rappresentata nel pensiero dal concetto di tutta la natura attualmente presente; e l'altro è il peculiare *locus standi* dello spirito implicato nella sensazione. Questo *locus standi* nella natura è rappresentato nel pensiero dal concetto di « qui », ossia di un « evento che è qui ».

È questo il concetto di un fattore definito della natura. Questo fattore è un evento naturale costituente il fuoco in natura dell'atto della sensazione, e gli altri eventi sono percepiti in quanto riferiti ad esso. Questo evento è parte della durata associata. Lo chiamo l'« evento percipiente ». Esso non è lo spirito, vale a dire non è il percipiente. È il *quid* di natura da cui lo spirito percepisce. Il quadro completo dello spirito è rappresentato nella natura da questa coppia di eventi, cioè la durata presente che segna il « quando » della sensazione, e l'evento percipiente che segna il « dove » e il « come » della sensazione. Questo evento percipiente, per esprimerci volgarmente, è il corpo vivente dello spirito incarnato; ma è questa un'identificazione molto grossolana. Invero le funzioni del corpo interferiscono profondamente con quelle degli altri eventi naturali, cosicché per parecchi riguardi l'evento percipiente va semplicemente considerato come parte dell'organismo vivente, mentre per altri si può considerare anche piú del semplice organismo. Per molti rispetti la divisione risulta meramente arbitraria, dipendendo dal punto in cui si stabilisce di tracciare la linea divisoria sopra una scala mobile.

Nel capitolo sul tempo ho già trattato dell'associazione dello

spirito con la natura. La difficoltà della trattazione consiste nel pericolo di trascurare i fattori costanti; in quanto non ci càpita mai di rendercene conto per contrasto con la loro mancanza. Il còmpito di una trattazione di questi fattori si potrebbe dire consista nel render ovvie cose di aspetto strano. Non ci è possibile affrontarle, se non facciamo in modo di rivestirle con un po' della freschezza propria della stravaganza.

Appunto per questa abitudine di lasciar sfuggire dalla coscienza i fattori costanti cadiamo continuamente nell'errore di credere che la sensazione sia un fattore particolare della natura consistente in una relazione biterminale fra lo spirito ed esso fattore. Per esempio, se percepisco una foglia verde, il linguaggio della mia affermazione sopprime ogni riferimento agli altri fattori che non siano lo spirito percipiente e la foglia verde e la relazione sensoriale; e scarta i fattori ovvi ed ineliminabili, che pure sono elementi essenziali della percezione. Io sono qui, la foglia è là; e l'evento qui e l'evento costituito dalla vita della foglia là sono ambedue incorporati in una totalità di natura che è ora, ed in questa totalità vi sono altri fattori distinti, che è superfluo precisare. In tal modo il linguaggio presenta abitualmente allo spirito un'illusoria astrazione dell'indefinita complessità del fatto della sensazione.

Mi importa ora trattare la relazione speciale dell'evento percipiente, cioè il « qui », con la durata, che è l'« ora ». Questa relazione è un fatto di natura, ossia lo spirito è cosciente della natura come consistente di questi due fattori in questa relazione.

Nella breve durata attuale il « qui » dell'evento percipiente ha un significato in qualche modo definito, consistente nel contenuto della speciale relazione dell'evento percipiente con la durata associata. Questa relazione la dirò « cogredienza »; onde si richiede una descrizione del carattere della relazione di cogredienza. Il presente si spezza in un passato e in un presente, quando il « qui » della cogredienza perde il proprio significato specifico. Si è avuto un passaggio di natura dal « qui » della percezione nella durata trascorsa al differente « qui » della perce-

zione nella durata attuale. Ma i due « qui » della sensazione in durate vicine possono risultare indistinguibili. In tal caso, c'è stato un passaggio dal passato al presente, ma una forza percettiva piú tenace ha conservato la natura diveniente come un unico completo presente, anziché lasciar scivolare la precedente durata nel passato. Ossia, il senso di quiete agevola l'integrazione delle durate in un presente prolungato; mentre il senso di moto differenzia la natura in una successione di durate abbreviate. Se guardiamo fuori di una vettura ferroviaria in corsa, il presente è passato prima che la riflessione lo abbia misurato. Viviamo in frammenti troppo veloci per il pensiero. D'altra parte, il presente immediato si prolunga quando la natura si offre in un aspetto di quiete ininterrotta. Ogni cambiamento nella natura offre argomento per una differenziazione fra le durate come anche per abbreviare il presente, ma vi è una grande differenza fra l'auto-mutamento della natura e un cambiamento nella natura esterna. L'auto-mutamento della natura è una mutazione nella qualità della situazione dell'evento percipiente; è l'infrangersi del « qui », che necessita l'infrangersi della durata attuale. Il cambiamento della natura esterna è compatibile col prolungarsi attuale dell'osservazione radicata in una situazione data. Mi preme soprattutto mostrare che il persistere di una relazione peculiare rispetto ad una durata è una condizione necessaria affinché quella durata funzioni come durata presente per la sensazione. Questa relazione peculiare è la relazione di cogredienza fra l'evento percipiente e la durata. La cogredienza è la conservazione in una durata della qualità immutata della situazione. Termine della sensazione è appunto la continuità di identità di situazione nel tutto della natura. La durata può comprendere cambiamenti interni, ma non può — finché è una durata attuale — comprendere mutamenti della qualità della sua relazione peculiare con l'evento percipiente contenuto.

In altri termini, la percezione è sempre « qui », ed una durata può solo essere data come presente alla sensazione a condizione di fornire un senso immutato al « qui » nella sua rela-

BIBLIOTECA CIVICA

zione con l'evento percipiente. Solo nel passato si può essere stati « là » con una situazione distinta dall'attuale « qui ».

Gli eventi là e gli eventi qui sono fatti di natura, e le qualità di essere « là » e « qui » non sono semplicemente qualità della sensazione, intesa come relazione fra la natura e lo spirito. La qualità della situazione determinata nella durata appartenente ad un evento, che è « qui » in un senso determinato del « qui », è lo stesso genere di qualità della situazione appartenente ad un evento che è « là », in un senso determinato del « là ». Cosicché la cogredienza non ha nulla a che fare con nessuna caratteristica biologica dell'evento che essa mette in relazione con la rispettiva durata. Questa caratteristica biologica solo apparentemente costituisce un'ulteriore condizione della peculiare connessione dell'evento percipiente con lo spirito percipiente; ma non ha nulla a che fare con la relazione dell'evento percipiente con la durata, che è il tutto attuale della natura considerato come la rivelazione dell'atto percettivo.

Data la caratteristica biologica richiesta, l'evento nel suo carattere di evento percipiente sceglie quella durata con cui il passato operativo dell'evento è praticamente cogrediente entro i limiti dell'esattezza dell'osservazione. Ossia, fra i diversi sistemi temporali offerti dalla natura ce ne sarà uno con una durata offrente la miglior probabilità di cogredienza per tutte le parti subordinate dell'evento percipiente. Questa durata sarà il tutto di natura oggetto della sensazione. Quindi il carattere dell'evento percipiente determina il sistema temporale immediatamente evidente in natura. Come il carattere dell'evento percipiente muta col divenire della natura — o, in altri termini, come lo spirito percipiente nel suo divenire si pone in relazione col divenire dell'evento percipiente in un altro evento percipiente —, cosí muta il sistema temporale collegato con l'atto percettivo di quello spirito. Quando il grosso degli eventi percepiti sono cogredienti in una durata diversa da quella dell'evento percipiente, la percezione può includere una duplice coscienza di cogredienza, cioè la coscienza del tutto in cui l'os-

servatore dal treno è il « qui », e la coscienza del tutto in cui gli alberi, i ponti ed i pali telegrafici sono definitivamente i « là ». Cosí nelle percezioni condizionate da certe circostanze gli eventi osservati rivendicano relazioni di cogredienza proprie. Questa rivendicazione di cogredienza risulta particolarmente evidente quando la durata, con cui l'evento percepito è cogrediente, è la stessa durata che è il tutto attuale di natura; in altre parole, quando l'evento e l'evento percipiente sono ambedue cogredienti alla stessa durata.

Siamo ora in grado di interpretare il significato delle stazioni in una durata, dove per stazioni s'intende un genere peculiare di traiettorie, che definiscono una posizione assoluta nel relativo spazio atemporale.

Occorrono tuttavia alcune precisazioni preliminari. Un evento finito si dirà estendersi attraverso una durata, quando esso è parte della durata ed è intersecato da qualunque momento che giace nella durata. Un tale evento s'inizia con la durata e termina con essa. Inoltre ogni evento che s'inizia con la durata e termina con essa si estende per tutta la durata. È questo un assioma fondato sulla continuità degli eventi. Per iniziare con una durata e terminare con essa, intendo: 1) che l'evento è parte della durata; 2) che i momenti di confine iniziale e finale della durata ricoprono ambedue qualche evento puntiforme del confine dell'evento.

Ogni evento cogrediente con una durata si estende per tutta quella durata.

Non è vero che tutte le parti di un evento cogrediente con una durata siano anche cogredienti con la durata. La relazione di cogredienza può mancare in uno di questi due casi. Una ragione di questa mancanza può essere il fatto che la parte non si estende per tutta quanta la durata: in tal caso la parte può essere cogrediente con un'altra durata, parte di quella data, sebbene non sia cogrediente con questa. Una tal parte sarebbe cogrediente se la sua esistenza si prolungasse abbastanza in quel sistema temporale. L'altra ragione di non-cogredienza dipende

dall'estensione quadridimensionale degli eventi, in quanto non esiste alcuna traiettoria determinata di passaggio degli eventi in successione lineare. Per esempio, la galleria di una linea ferroviaria è un evento in quiete per un certo sistema temporale, vale a dire esso è cogrediente con una certa durata. Un treno che l'attraversi è parte della galleria, ma non è esso stesso in quiete.

Se un evento e è cogrediente con una durata d, e d' è una durata qualunque, parte di d, allora d' appartiene allo stesso sistema temporale di d. Anche d' interseca e in un evento e' parte di e e cogrediente con d'.

Sia P un evento puntiforme qualunque, giacente in una durata data d; e si consideri l'aggregato di eventi in cui P giace e che sono anch'essi cogredienti con d. Ciascuno di questi eventi occupa il proprio aggregato di eventi puntiformi, e questi aggregati avranno una porzione comune, ossia la classe di eventi puntiformi che si ritrova in tutti. Questa classe di eventi puntiformi è ciò che io chiamo la «stazione» dell'evento puntiforme P nella durata d. È questa la stazione definita secondo il carattere di un *locus*. Una stazione si può altresí definire con riferimento all'elemento astrattivo. Sia σ la proprietà posseduta da un insieme astrattivo quando: 1) ognuno dei suoi eventi è cogrediente con la durata d; 2) l'evento puntiforme P giace in ognuno dei suoi eventi. Allora il gruppo di σ-primi, dove σ possiede il significato richiesto, è un elemento astrattivo ed è la stazione di P in d in quanto elemento astrattivo. Il *locus* dell'evento puntiforme ricoperto dalla stazione di P in d in quanto elemento astrattivo è la stazione di P in d come *locus*. Una stazione possiede quindi i soliti tre caratteri, ossia il suo carattere di posizione, il suo carattere estrinseco in quanto elemento astrattivo ed il suo carattere intrinseco.

Dalle proprietà peculiari della quiete consegue che due stazioni appartenenti alla stessa durata non possono intersecarsi. E quindi ogni evento puntiforme in una stazione di una durata la occupa come stazione sua propria in quella durata. Ed inoltre

ogni durata, parte di una durata data, interseca le stazioni della durata cosiderata in *loci*, che costituiscono le sue stazioni proprie. Per queste proprietà possiamo utilizzare le sovrapposizioni delle durate di una famiglia unica — cioè di un unico sistema temporale — per prolungare indefinitamente le stazioni sia in avanti che indietro. Una stazione cosí prolungata si dirà un *punto-traccia*. Un punto-traccia è un *locus* di eventi puntiformi, definito rispetto ad un sistema temporale specifico, per esempio α. In corrispondenza di un altro sistema temporale qualunque vi sarà un gruppo differente di punti-tracce. Ogni evento puntiforme starà in uno e in uno solo punto-traccia della serie appartenente a un sistema temporale qualunque. Il gruppo dei punti-tracce del sistema temporale α è il gruppo di punti-tracce dello spazio atemporale di α. Ognuno di tali punti indica una certa qualità di posizione assoluta rispetto alle durate della famiglia associata con α, quindi rispetto ai successivi spazi istantanei giacenti nei momenti successivi di α. Ogni momento di α intersecherà un punto-traccia della serie in uno e in uno solo evento puntiforme.

Questa proprietà di un'intersezione unica fra un momento ed un punto-traccia non è limitata al caso che il momento e il punto-traccia appartengano allo stesso sistema temporale. Due eventi puntiformi qualunque in un punto-traccia sono successivi per modo da non potersi trovare nello stesso momento. E quindi nessun momento può intersecare un punto-traccia piú di una volta, ed ogni momento interseca un punto-traccia in un unico evento puntiforme.

Chiunque si trovasse nei successivi momenti di α negli eventi puntiformi dove quei momenti intersecano un punto dato di α, si troverebbe in quiete nello spazio atemporale del sistema temporale α. Ma, in ogni altro spazio atemporale appartenente ad un altro sistema temporale, egli si troverebbe in un punto diverso ad ogni momento successivo di quel sistema. In altre parole egli si moverebbe lungo una linea retta con velocità uniforme. Possiamo assumere questo come definizione di linea

retta. Ossia una linea retta nello spazio di un sistema temporale β è il *locus* di quei punti di β che intersecano tutti un certo punto-traccia che è un punto nello spazio di qualche altro sistema temporale. Cosicché ogni punto nello spazio di un sistema temporale α è collegato con una ed una sola linea retta dello spazio di un altro sistema temporale β. Inoltre, l'insieme di linee rette nello spazio β, che sono cosí collegate coi punti dello spazio α, formano una famiglia completa di rette parallele nello spazio β. Esiste quindi una relazione biunivoca dei punti nello spazio α con le linee rette di una definita famiglia di parallele nello spazio β. Inversamente vi è una relazione biunivoca analoga dei punti nello spazio β con le rette di una certa famiglia di parallele nello spazio α. Queste famiglie si diranno rispettivamente la famiglia di parallele in β associate con α e la famiglia di parallele in α associate con β. La direzione nello spazio di β indicata dalla famiglia di parallele di β si dirà la direzione di α nello spazio β, e la famiglia di parallele in α è la direzione di β nello spazio α. Quindi, un ente in quiete in un punto dello spazio α si muoverà uniformemente lungo una linea nello spazio β, cioè nella direzione di α nello spazio β, ed un ente in quiete in un punto dello spazio β si muoverà uniformemente lungo una linea nello spazio α, ossia nella direzione di β nello spazio α.

Ho parlato degli spazi atemporali associati coi sistemi temporali. Sono questi gli spazi della scienza fisica e di qualunque teoria che concepisce lo spazio come eterno ed immutabile. Ma quanto percepiamo immediatamente è un'approssimazione allo spazio istantaneo indicato dagli eventi puntiformi, che giacciono in alcuni momenti del sistema temporale associato con la nostra sensazione. I punti di un tale spazio istantaneo sono eventi puntiformi e le linee rette sono *rectae*. Si chiami α il sistema temporale e sia M il momento del sistema α a cui si approssima la nostra percezione puntuale della natura. Ogni linea retta r nello spazio α è un *locus* di punti ed ogni punto è un punto-traccia, cioè un *locus* di eventi puntiformi. Quindi nella geo-

metria quadridimensionale di tutti gli eventi puntiformi vi è un *locus* a due dimensioni, che è il *locus* di tutti gli eventi puntiformi situati sui punti della retta *r*. Chiamerò questo *locus* di eventi puntiformi la matrice della linea retta *r*. Una matrice interseca qualunque momento in una *recta*. Quindi la matrice di *r* interseca il momento *M* in una *recta* ρ. Cosicché ρ è la *recta* istantanea in *M* che occupa al momento *M* la linea retta *r* nello spazio di α. Di conseguenza, quando uno vede istantaneamente un ente in movimento e la sua strada davanti ad esso, quel che egli vede realmente è l'ente in qualche evento puntiforme *A* giacente sulla recta ρ, che è il percorso apparente presumendo un moto uniforme. Ma la *recta* attuale ρ, che è il *locus* degli eventi puntiformi, non è mai attraversata dall'ente. Questi eventi puntiformi sono i fatti istantanei che passano col momento istantaneo. Ciò che in effetti è attraversato sono altri eventi puntiformi, che in istanti successivi occupano gli stessi punti dello spazio α di quelli occupati dagli eventi puntiformi della *recta* ρ. Per esempio, noi vediamo una porzione di strada ed una automobile che si muove lungo di essa. La strada vista nell'istante è una porzione della *recta* ρ (naturalmente solo un'approssimazione ad essa). L'automobile è l'oggetto in movimento, ma la strada in quanto vista non ne è mai percorsa. La si pensa percorsa perché i caratteri intrinseci dell'ultimo evento sono tanto simili in genere a quelli della strada vista nell'istante precedente che non esitiamo ad identificarli. Ma supponete che una mina sia esplosa sulla strada prima che l'auto giungesse in quel punto. Allora è ovvio che l'auto non percorrerà la strada che vedevamo in un primo tempo. Supponete che l'auto sia in quiete nello spazio β. Allora la linea retta *r* dello spazio α è nella direzione di β nello spazio α, e la *recta* ρ è il simbolo nel momento *M* della linea *r* nello spazio α. La direzione di ρ nello spazio istantaneo del momento *M* è la direzione di β in *M*, dove *M* è un momento del sistema temporale α. Ancora la matrice della linea *r* dello spazio α sarà pure la matrice di una qualche linea *s* dello spazio β, che sarà nella direzione di α nello spazio β. Così, se

l'auto si ferma in un punto P dello spazio α che giace sulla linea r, esso si muove ora lungo la linea s dello spazio β. È questa la teoria del moto relativo; la matrice comune è il legame che connette il moto di β nello spazio α col moto di α nello spazio β.

Il moto è essenzialmente una relazione fra alcuni oggetti naturali e l'unico spazio atemporale di un sistema temporale. Uno spazio istantaneo è statico, riferendosi alla natura statica in un istante. Quando nella percezione vediamo le cose muoversi in uno spazio approssimativamente istantaneo, le linee future del movimento sono percepite immediatamente come *rectae*, che in effetti non vengono mai percorse. Queste *rectae* approssimate sono composte di piccoli eventi, ossia di traiettorie approssimate e di eventi puntiformi, travolti nel divenire prima che gli oggetti in movimento le raggiungano. Ammettendo che le nostre previsioni del moto rettilineo siano esatte, queste *rectae* occupano le linee rette attraversate nello spazio atemporale. Quindi le *rectae* sono simboli nella sensazione immediata di un futuro che si può solo esprimere in termini di spazio atemporale.

Siamo ora in grado di esaminare il carattere fondamentale della perpendicolarità. Si considerino i due sistemi temporali α e β, ciascuno col proprio spazio atemporale e la propria famiglia di momenti istantanei coi loro spazi istantanei. Siano M ed N rispettivamente un momento di α ed un momento di β. In M vi è la direzione di β ed in N la direzione di α. Ma M ed N, essendo momenti di sistemi temporali diversi, si intersecano in un *planum* che diremo λ. Allora λ sarà un piano istantaneo nello spazio istantaneo di M ed anche nello spazio istantaneo di N. Esso è il *locus* di tutti gli eventi puntiformi giacenti sia in M che in N.

Nello spazio istantaneo di M il *planum* λ è perpendicolare alla direzione di β in M, e nello spazio istantaneo di N il *planum* λ è perpendicolare alla direzione di α in N. È questa la proprietà fondamentale che costituisce la definizione della perpendicolarità. La simmetricità della perpendicolarità è un caso

particolare della simmetria delle relazioni reciproche fra due sistemi temporali. Vedremo nel prossimo capitolo che la teoria della congruenza si deduce da questa simmetricità.

La teoria della perpendicolarità nello spazio atemporale di qualunque sistema temporale α segue immediatamente da questa concezione della perpendicolarità in ciascuno dei suoi spazi istantanei. Sia ρ una *recta* qualunque nel momento M di α, e λ un *planum* in M, perpendicolare a ρ. Il *locus* di quei punti dello spazio di α che intersecano M in eventi puntiformi su λ è il piano l dello spazio α. Allora il piano l è perpendicolare alla linea r.

In questo modo abbiamo indicato le uniche e definite proprietà in natura corrispondenti alla perpendicolarità. Vedremo che questa scoperta delle uniche e definite proprietà che definiscono la perpendicolarità è di grande importanza critica per la teoria della congruenza, tema del prossimo capitolo.

Mi spiace di essere stato costretto in questo capitolo a fare un uso cosí ampio della geometria quadridimensionale. Non ne chiedo scusa, poiché non sono in realtà responsabile del fatto che la natura nei suoi aspetti fondamentali possieda una struttura quadridimensionale. Le cose sono quel che sono, ed è inutile nascondere il fatto che « ciò che le cose sono » è spesso molto difficile da interpretare per il nostro intelletto. Evitare simili ostacoli significa semplicemente eludere i massimi problemi.

VI. La congruenza

Scopo di questo capitolo è stabilire una teoria della congruenza. Si capisce subito come la questione della congruenza sia controversa. È la teoria della misurazione nello spazio e nel tempo. Il problema sembra semplice; e infatti riesce abbastanza semplice per un procedimento tipo da decidere con una legge del Parlamento; ed il rispetto eccessivo alle sottigliezze metafisiche è forse l'unico crimine che non sia mai stato imputato a un Parlamento inglese. Ma il procedimento è una cosa ed il suo significato un'altra.

Consideriamo anzitutto il problema puramente matematico. Quando il segmento compreso fra due punti A e B è congruente con quello compreso fra i due punti C e D, le misure quantitative dei due segmenti sono uguali. L'eguaglianza delle misure numeriche e la congruenza dei due segmenti non sono sempre chiaramente distinte, e vengono spesso accomunate nel termine di eguaglianza. Ma il procedimento di misurazione presuppone la congruenza. Per esempio, un metro viene usato successivamente per misurare due distanze fra due coppie di punti sul pavimento di una stanza. La condizione base del procedimento di misurazione è che il metro rimanga inalterato nello spostarsi dall'una all'altra posizione. Alcuni oggetti si modificano in modo evidente nel muoversi — per esempio un elastico —, ma un metro non si altera se è composto di materiale idoneo. Che altro è questo se non un giudizio di congruenza applicato alla

serie delle successive posizioni del metro? Sappiamo che non si altera perché giudichiamo che rimanga congruente a se stesso nelle diverse posizioni. Nel caso dell'elastico invece notiamo la mancanza della congruenza con se stesso. Quindi, nelle misurazioni si presuppongono giudizi immediati di congruenza, e il processo di misurazione è semplicemente un procedimento per estendere la congruenza riconosciuta ai casi dove non valgono questi giudizi immediati. Quindi, non possiamo definire la congruenza per mezzo della misurazione.

Nelle esposizioni moderne degli assiomi della geometria si pongono certe condizioni a cui deve soddisfare la relazione di congruenza fra segmenti. Si presuppone una teoria completa dei punti, rette, piani e l'ordine dei punti nei piani — di fatto una teoria completa di geometria non metrica. Quindi si studia la congruenza e si pone la serie di condizioni — o assiomi, come li chiamano — soddisfatte da questa relazione. È stato provato in tal modo che vi sono diverse relazioni che soddisfano con pari validità queste condizioni e che non c'è alcuna ragione intrinseca nella teoria dello spazio per farci scegliere una di queste relazioni a preferenza di un'altra come relazione di congruenza. In altre parole, si dànno piú geometrie metriche tutte con pari diritto di esistenza per quanto riguarda la teoria intrinseca dello spazio.

Poincaré, il grande matematico francese, sostenne che la nostra attuale scelta fra le diverse geometrie è guidata puramente da una convenzione, e che l'effetto di un cambiamento di scelta consisterebbe semplicemente in una trasformazione espressiva delle nostre leggi fisiche della natura. Per « convenzione », Poincaré intende — io penso — che non vi è nulla inerente alla natura in se stessa che giustifichi una funzione peculiare di una di queste relazioni di congruenza, e che la scelta di una particolare relazione dipende da un atto di volontà dello spirito all'altro estremo della sensazione. Il principio di scelta rappresenta una opportunità intellettuale, e non un fatto della natura.

Questa posizione è stata travisata da molti fra gli espositori

della concezione del Poincaré. Costoro l'hanno confusa con una altra questione: ossia che, data l'inesattezza dell'osservazione, è impossibile fare un calcolo esatto nella comparazione delle misure. Ne consegue che si può stabilire una certa sottoclasse di relazioni di congruenza strettamente imparentate, ciascun membro della quale si può egualmente accordare con l'enunciato della congruenza osservata, quando l'enunciato sia propriamente qualificato rispetto ai suoi errori limite.

È questa una questione totalmente differente, che presuppone il rifiuto della posizione di Poincaré. La assoluta indeterminazione della natura rispetto a tutte le relazioni di congruenza viene qui sostituita dall'indeterminazione dell'osservazione rispetto ad un piccolo sottogruppo di queste relazioni.

La posizione di Poincaré è molto solida. Egli ci sfida in effetti ad indicare un qualunque fattore di natura che giustifichi una posizione di preminenza della relazione di congruenza attualmente adottata dal genere umano. Ma non si può negare che tale posizione sia fortemente paradossale. Bertrand Russell ebbe con lui una controversia al riguardo, e sostenne che in base ai principî di Poincaré non ci sarebbe piú nulla in natura per determinare se la terra sia piú grossa o piú piccola di una comune palla da bigliardo. Poincaré rispose che il tentativo di ritrovare in natura le ragioni per scegliere una specifica relazione di congruenza nello spazio equivale a tentare di determinare la posizione di una nave nell'oceano, contando gli uomini dell'equipaggio e osservando il colore degli occhi del capitano.

A mio parere, tutti e due avevano ragione, se si accettano i termini su cui era basata la discussione. Infatti Russell affermava che, indipendentemente dalle inesattezze trascurabili, una determinata relazione di congruenza fa parte dei fattori di natura offertici dalla sensazione. Poincaré chiedeva gli si indicasse il fattore di natura che potesse portare una particolare relazione di congruenza ad avere una parte preminente fra i fattori posti nella sensazione. Non vedo quale risposta si possa dare ai due

contendenti, se si ammette una concezione materialistica della natura, secondo cui la natura in un istante nello spazio è un fatto indipendente; onde si dovrebbe ritrovare nello spazio istantaneo la nostra relazione di congruenza preminente nella natura. E Poincaré ha indubbiamente ragione nel dire che, secondo questa ipotesi, la natura non ci offre nessun aiuto per ritrovarla.

D'altra parte, la posizione di Russell è egualmente solida, quando egli afferma che deve essere possibile ritrovare come un dato dell'osservazione tale relazione di congruenza e ciò che piú s'accorda con essa. Stando cosí le cose, è uno dei fatti piú straordinari della storia che tutto il genere umano concordi, senza alcuna ragione precisabile, nel fissare la propria attenzione proprio su un'unica relazione di congruenza nel numero indefinito di possibilità. Ci si sarebbe piuttosto aspettato un grave disaccordo riguardo a questa scelta, tale da dividere le nazioni e smembrare le famiglie. Ma si prese coscienza della difficoltà solo verso la fine del secolo XIX, per opera di alcuni filosofi matematici e matematici filosofi. Il caso non ha nulla a che vedere col nostro accordo riguardo a qualche fatto fondamentale della natura del genere dello spazio tridimensionale. Se lo spazio ha solo tre dimensioni, dobbiamo aspettarci che tutto il genere umano si renda conto del fatto, come in realtà accade. Ma, nel caso della congruenza, il genere umano concorderebbe in un'interpretazione arbitraria della sensazione, posto che non ci sia nulla in natura a indirizzarlo in quel senso.

Io trovo una riprova non trascurabile della teoria della natura che sto esponendo nel fatto che essa offre una soluzione di questa difficoltà coll'indicare il fattore della natura che determina la preminenza di una relazione di congruenza nella serie indefinita di altre relazioni del genere.

Il motivo di questo risultato è che la natura non resta piú confinata nello spazio istantaneo. Spazio e tempo sono ora interconnessi; e il peculiare fattore tempo, distinto cosí immediata-

mente fra i dati della nostra sensazione, si pone in relazione ad una particolare relazione di congruenza nello spazio.

La congruenza è un esempio particolare del fatto fondamentale della ricognizione. Nella percezione noi riconosciamo: non semplicemente nel senso di paragonare un fattore di natura offerto dalla memoria con un fattore rivelato dalla sensazione immediata, bensí nel senso che la ricognizione prende posto nel presente, senza alcun intervento della pura memoria. Infatti, il fatto presente è una durata con le proprie durate antecedenti e susseguenti, che sono parti di essa. La determinazione nella sensazione di un evento finito con la propria qualità di divenire è pure accompagnata dalla determinazione di altri fattori di natura che non partecipano del divenire degli eventi. Tutto ciò che diviene è un evento; ma si trovano in natura enti che non divengono; ossia riconosciamo in natura l'identità. L'essenza della ricognizione non consiste in un atto intellettuale di comparazione; la sua essenza è semplicemente la sensazione nella sua capacità di porre davanti a noi fattori della natura che non divengono. Per esempio, si percepisce il verde come situato in un certo evento finito nella durata presente. Questo verde conserva la propria identità assolutamente, sebbene l'evento passi e perciò acquisti la proprietà di dividersi in parti. Il prato verde ha parti; ma nel parlare del prato verde noi consideriamo dell'evento la sola capacità di rappresentare per noi la situazione del verde. Il verde in se stesso è un ente numericamente uno ed identico a se stesso, senza parti perché non diviene.

I fattori di natura privi di divenire li diremo *oggetti*. Ci sono generi di oggetti radicalmente differenti, e di ciò tratteremo nel prossimo capitolo.

La ricognizione si riflette nell'intelletto come comparazione. Gli oggetti di un evento riconosciuti vengono paragonati con gli oggetti riconosciuti di un altro evento. La comparazione può avvenire fra due eventi nel presente, o fra due eventi di cui uno dato dalla memoria e l'altro dalla sensazione immediata. Ma non gli eventi vengono messi a confronto; poiché ogni evento

è essenzialmente unico ed incomparabile. Ciò che si paragona sono gli oggetti e le relazioni fra gli oggetti situati negli eventi. L'evento, concepito come una relazione fra oggetti, ha perduto il proprio divenire e sotto questo aspetto è anch'esso un oggetto. Questo oggetto non è piú l'evento ma soltanto un'astrazione intellettuale. Lo stesso oggetto può essere situato in molti eventi; ed in questo senso perfino l'evento complessivo può essere considerato come oggetto, sebbene non si tratti del vero e proprio evento col suo divenire e le sue relazioni ad altri eventi.

All'intelletto possono essere noti oggetti non rivelati dalla sensazione. Per esempio, le relazioni di oggetti e le relazioni di relazioni possono essere fattori in natura non rivelati nella sensazione, ma conosciuti come necessariamente esistenti per inferenza logica. Quindi gli oggetti della nostra conoscenza possono essere anche semplici astrazioni logiche. Per esempio, un evento non è mai rivelato completamente nella sensazione, e quindi l'oggetto formato dalla somma totale degli oggetti situati in un evento, in quanto cosí organizzati, è un mero concetto astratto. Ancora, un angolo retto è un oggetto percepito che si può trovare in molti eventi; ma, sebbene la proprietà di possedere angoli retti sia data nella sensazione, la maggioranza delle relazioni geometriche non è data per questa via. La stessa rettangolarità è spesso di fatto non percepita, mentre si può provare la sua presenza per la percezione. Quindi, un oggetto è sovente noto semplicemente come una relazione astratta non direttamente posta nella sensazione, sebbene esistente in natura.

L'identità qualitativa fra due segmenti congruenti ha generalmente questo carattere. In certi casi speciali questa identità qualitativa può essere percepita direttamente. Ma in generale si inferisce da un processo di misurazione basato sulla sensazione diretta di casi scelti e su un'inferenza logica dal carattere transitivo della congruenza.

La congruenza dipende dal moto, e da ciò si origina la connessione fra la congruenza spaziale e quella temporale. Il moto lungo una retta produce una simmetria attorno a quella retta; e

questa simmetria è espressa dalle relazioni geometriche simmetriche della linea rispetto alla famiglia di piani normali ad essa.

Nella teoria del moto un'altra simmetria deriva anche dal fatto che la quiete nei punti di β corrisponde al moto uniforme lungo una definita famiglia di parallele nello spazio di α. Occorre notare le tre caratteristiche: 1) dell'uniformità del moto rispetto ad ogni punto di β lungo la corrispondente retta di α; 2) l'eguaglianza in modulo delle velocità lungo le diverse linee di α corrispondenti alla quiete nei diversi punti di β; 3) il parallelismo delle linee di questa famiglia.

Possediamo ora una teoria delle parallele ed una teoria delle perpendicolari, ed una teoria del moto; e su di esse si può costruire una teoria della congruenza. Si ricorderà che una famiglia di *plana* paralleli in un momento qualunque è la famiglia di *plana* in cui quel momento è intersecato dalla famiglia di momenti di qualche altro sistema temporale. Inoltre una famiglia di momenti paralleli è la famiglia dei momenti di qualche sistema temporale. Quindi, possiamo allargare il nostro concetto di famiglia di *plana* paralleli sino a includervi i *plana* nei momenti differenti di un unico sistema temporale. L'ampliamento di questo concetto significa che una famiglia completa di *plana* paralleli in un sistema temporale α è la famiglia completa di *plana* in cui i momenti di α intersecano i momenti di β. Questa famiglia completa di *plana* paralleli è pure evidentemente una famiglia giacente nei momenti del sistema temporale β. Introducendo un terzo sistema temporale, γ, si ottengono *rectae* parallele, e quindi tutti i punti di un qualunque sistema temporale formano una famiglia di serie parallele di punti-traccia. Vi sono dunque tre tipi di parallelogrammi nella varietà quadrimensionale degli eventi puntiformi.

Nei parallelogrammi del primo tipo le due coppie di lati paralleli sono entrambe coppie di *rectae*. Nei parallelogrammi del secondo tipo una coppia di lati paralleli è una coppia di *rectae* e l'altra coppia è una coppia di punti-traccia. Nei paral-

lelogrammi del terzo tipo le due coppie di lati paralleli sono entrambe coppie di punti-traccia.

Il primo assioma sulla congruenza dice che i lati opposti di un parallelogrammo qualunque sono congruenti. Questo assioma ci permette di paragonare le lunghezze di due segmenti appartenenti entrambi rispettivamente o a *rectae* parallele o alla stessa *recta*. Ci permette inoltre di paragonare le lunghezze di due segmenti appartenenti entrambi rispettivamente o a punti-traccia paralleli o allo stesso punto-traccia. Ne consegue che due oggetti in quiete in due punti qualunque di un sistema temporale β si muovono con velocità eguali in un altro sistema qualunque α lungo linee parallele. Quindi, possiamo parlare della velocità in α propria del sistema temporale β senza specificare alcun punto particolare di β. L'assioma ci permette pure di misurare il tempo in un sistema temporale qualunque; ma non ci permette di paragonare le misure temporali di due sistemi temporali diversi.

Il secondo assioma della congruenza concerne i parallelogrammi di basi congruenti e compresi fra le stesse parallele, ed aventi inoltre l'altra coppia di lati paralleli. L'assioma afferma che la *recta* congiungente i due eventi puntiformi dell'intersezione delle diagonali è parallela alla *recta* su cui giacciono le basi. Con l'aiuto di questo assioma è facile dedurre che le diagonali di un parallelogrammo si bisecano reciprocamente.

La congruenza nello spazio si estende oltre che alle *rectae* parallele a tutte le *rectae* secondo i due assiomi riguardanti la perpendicolarità. Il primo di questi assiomi, che è il terzo assioma della congruenza, dice che, se ABC è un triangolo di *rectae* in un momento qualunque e D è l'evento puntiforme medio della base BC, allora il *planum* per D perpendicolare a BC contiene A, quando e solo quando AB è congruente ad AC. Questo assioma esprime evidentemente la simmetria della perpendicolarità, ed è l'essenza del famoso « ponte dell'asino » espresso in forma di assioma.

Il secondo assioma sulla perpendicolarità, quarto della con-

gruenza, dice che se r ed A sono una *recta* ed un evento puntiforme appartenenti allo stesso momento, ed AB ed AC una coppia di *rectae* rettangolari intersecanti r in B e C, ed AD ed AE un'altra coppia di rectae rettangolari intersecanti r in D ed E; allora o D oppure E giace sul segmento BC mentre l'altro dei due non giace su questo segmento. Inoltre, come caso particolare di questo assioma, se AB è perpendicolare ad r e di conseguenza AC è parallela ad r, allora D ed E giacciono rispettivamente da lati opposti rispetto a B. Con l'aiuto di questi due ultimi assiomi la teoria della congruenza si può estendere alla comparazione della lunghezza di segmenti appartenenti a due *rectae* qualunque. In questo modo viene completamente fondata la geometria metrica euclidea dello spazio; e le lunghezze nello spazio di sistemi temporali diversi sono comparabili in quanto risultato di definite proprietà della natura, che richiedono appunto quel particolare metodo di comparazione.

La comparazione di misure temporali in sistemi temporali diversi richiede due altri assiomi. Il primo, quinto assioma della congruenza, lo diremo l'assioma della « simmetria cinetica ». Esso esprime la simmetria delle relazioni quantitative fra due sistemi temporali, quando i tempi e le lunghezze dei due sistemi sono misurate in unità congruenti.

L'assioma si può esporre come segue. Siano α e β i simboli di due sistemi temporali. La direzione del moto nello spazio di α corrispondente alla quiete in un punto di β si chiama la « direzione-β in α » e la direzione del moto nello spazio di β corrispondente alla quiete in un punto di α si chiama la « direzione-α in β ». Si consideri un moto nello spazio di α avente una certa velocità nella direzione-β di α ed una certa velocità in direzione perpendicolare ad essa. Questo moto rappresenta la quiete nello spazio di un altro sistema temporale, che diremo π. La quiete in π sarà altresí rappresentata nello spazio di β da una certa velocità nella direzione-α in β e da una certa velocità perpendicolare a questa direzione-α. Quindi, un certo moto nello spazio di α è associato ad un moto determinato nello spazio

di β, in quanto ambedue rappresentano lo stesso fatto, rappresentabile altresí con la quiete in π. Ora si può trovare un altro sistema temporale σ, tale che la quiete nel suo spazio venga rappresentata da velocità di ugual modulo parallele e perpendicolari alla direzione-α in β identiche alle velocità in α, parallele e perpendicolari alla direzione-β, che rappresentano la quiete in π.

L'assioma proposto dalla simmetria cinetica dice che la quiete in σ sarà rappresentata in α da velocità parallele e perpendicolari alla direzione-β in α identiche alle velocità in β parallele e perpendicolari alla direzione-α, che rappresentano la quiete in π.

Un caso particolare di questo assioma è quello delle velocità relative che sono eguali ed opposte. Ossia la quiete in α è rappresentata in β da una velocità lungo la direzione-α, eguale alla velocità lungo la direzione-β in α che rappresenta la quiete in β.

Infine, il sesto assioma della congruenza dice che la relazione di congruenza è transitiva. In quanto applicabile allo spazio questo assioma appare superfluo, poiché tale proprietà segue dagli assiomi precedenti. È invece necessario per il tempo, come complemento all'assioma della simmetria cinetica. Questo assioma significa che, se l'unità-tempo del sistema α è congruente con l'unità-tempo del sistema β, e quest'ultima è congruente con l'unità-tempo del sistema γ, allora le unità-tempo di α e di γ sono pure congruenti.

Per mezzo di questi assiomi si possono dedurre le formole per la trasformazione delle misure eseguite in un dato sistema temporale in misure degli stessi fatti naturali eseguite in un altro sistema temporale. Si troverà che queste formole implicano tutte un'unica costante arbitraria, che chiamerò k.

Essa ha le dimensioni del quadrato di una velocità. Si avranno allora quattro casi. Nel primo, k è uguale a zero. Questo caso presenta risultati assurdi in contrasto coi dati elementari dell'esperienza, e possiamo trascurarlo.

Nel secondo caso, k è infinito. Questo caso offre le formule

ordinarie per la trasformazione in un moto relativo, ossia formule che si possono trovare in qualunque manuale di dinamica.

Nel terzo caso, k è negativo. Diciamolo c^2, dove c avrà le dimensioni di una velocità. Questo caso fornisce le formole di trasformazione scoperte da Larmor per trasformare le equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico. Le stesse formole vennero generalizzate da H. A. Lorentz, e usate da Einstein e da Minkowski come base della loro nuova teoria della relatività. Non tratto qui della teoria piú recente di Einstein della relatività generale, dalla quale egli deduce la modificazione della legge di gravitazione. Se questa teoria risultasse valida per la natura, allora c dovrebbe essere di una grandissima approssimazione alla velocità della luce nel vuoto. Forse essa è questa velocità in atto. Si noti che in questo discorso l'espressione nel vuoto non deve significare un'assenza di eventi, ossia l'assenza dell'onnipresente etere di eventi: bensí soltanto l'assenza di certi tipi di oggetti.

Nel quarto caso, k è positivo. Diciamolo h^2, dove h avrà le dimensioni di una velocità. Questo caso ci fornisce un tipo perfettamente possibile di formule di trasformazione, che però non spiegano nessun fatto di esperienza. Ed ha inoltre un altro svantaggio: con l'assunzione di questo quarto caso la distinzione fra spazio e tempo perde la propria forza. Il proposito precipuo di questa opera è di sostenere la concezione che spazio e tempo sorgono da una radice comune, e che il fatto fondamentale dell'esperienza è un fatto spazio-temporale. Ma d'altra parte tutto il genere umano fa una distinzione ben netta fra spazio e tempo, e proprio per il rilievo dato di solito a questa distinzione la nostra teoria può sembrare qualcosa di paradossale. Ora nel terzo caso il rilievo di questa distinzione è soddisfacentemente conservato, in quanto si mantiene una distinzione fondamentale fra le proprietà metriche dei punti-traccia e delle *rectae*. Invece nel quarto caso questa distinzione fondamentale scompare.

Né il terzo, né il quarto caso si accordano con l'esperienza, a meno di assumere la velocità c del terzo caso e la velocità h

del quarto come enormemente grandi rispetto alle velocità dell'esperienza ordinaria. Se cosí fosse, le formole dei due casi si ridurrebbero ovviamente ad una stretta approssimazione alle formole del secondo caso, ossia alle formule ordinarie dei manuali di dinamica, che mi piace denominare le formule « ortodosse ».

Non ci può essere dubbio sulla normale correttezza di approssimazione delle formule ortodosse; suscitare problemi in proposito sarebbe semplicemente sciocco. Ma questa ammissione non basta certo a determinare lo stato di queste formule. A base della mentalità ortodossa, che ha prodotto le formule ortodosse, sta il presupposto acritico dell'indipendenza reciproca del tempo e dello spazio. Ammesso questo presupposto e dati i punti assoluti di uno spazio assoluto, se ne deducono immediatamente le formule ortodosse, e quindi queste formule si presentano alla nostra immaginazione come fatti che non possono essere altrimenti, dal momento che spazio e tempo sono quello che sono. Perciò le formule ortodosse hanno raggiunto nella scienza quella condizione di elementi necessari, che non si possono mettere in discussione. Ogni tentativo di sostituire queste formule con altre ha assunto l'apparenza di una rinuncia alle spiegazioni fisiche e di un ricorso a mere formole matematiche.

Ma anche nella scienza fisica si sono accumulate difficoltà attorno alle formule ortodosse. In primo luogo le equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico non sono sempre invarianti per le trasformazioni delle formule ortodosse, mentre lo sono per le trasformazioni delle formule risultanti dal terzo dei casi summenzionati, purché la velocità c venga identificata con una ben nota costante elettromagnetica.

Cosí pure i risultati nulli dei delicati esperimenti intesi a scoprire le variazioni del moto terrestre attraverso l'etere si spiegano immediatamente con le formule del terzo caso. Ma, se accettiamo le formule ortodosse, siamo costretti a formulare un presupposto speciale ed arbitrario riguardo alla contrazione della

materia durante il moto. Alludo al presupposto di Fitzgerald-Lorentz.

Infine, il coefficiente di trascinamento di Fresnel, che rappresenta la variazione di velocità della luce in un mezzo mobile, si spiega con le formule del terzo caso, e richiede un'altra assunzione arbitraria se vogliamo usare le formule ortodosse.

Ne risulta pertanto che, restando semplicemente sul piano della spiegazione fisica, le formule del terzo caso offrono dei vantaggi a paragone delle formule ortodosse. Ma la via è ostruita dalla diffusa credenza che queste ultime formule posseggano un carattere di necessità. È perciò un'esigenza urgente per la scienza fisica e per la filosofia esaminare criticamente i fondamenti di questa supposta necessità. L'unico metodo soddisfacente di esame consiste nel far ricorso ai principî primi della nostra conoscenza della natura. E questo è precisamente quanto cerco di fare in queste pagine. Mi sono chiesto che cosa è ciò di cui prendiamo atto nella percezione della natura; sono quindi passato ad esaminare quei fattori di natura che ci portano a concepirla come occupante spazio e come persistente nel tempo. Questo procedimento ci ha condotti ad un esame critico dello spazio e del tempo, da cui è risultato che le formole del terzo caso e le formole ortodosse sono sullo stesso piano come formole possibili risultanti dal carattere basilare della nostra conoscenza della natura. Le formule ortodosse hanno perso cosí ogni vantaggio rispetto alla prerogativa di necessità di cui godevano di fronte alle altre. Abbiamo ora aperta la via all'adozione di quello dei due tipi di formule che meglio concordano con l'osservazione.

Colgo questa occasione per sospendere un momento il corso del mio ragionamento e soffermarmi a riflettere sul carattere generale attribuito dalla mia concezione ad alcuni concetti familiari della scienza. Non dubito che molti dei lettori abbiano avvertito che in alcuni concetti questo carattere è davvero paradossale.

Questo aspetto di paradosso è dovuto in parte al fatto che il linguaggio colto si è formato sotto l'influenza della prevalente

teoria ortodossa, e quindi nell'esporre una teoria diversa siamo portati a servirci di termini strani o di parole familiari in un significato insolito. Questa vittoria linguistica della teoria ortodossa è una cosa molto naturale. Gli eventi vengono indicati per mezzo degli oggetti che occupano in essi una situazione preminente, e quindi tanto nell'espressione linguistica che nel pensiero gli eventi sfumano dietro gli oggetti e diventano il mero gioco delle loro relazioni. La teoria dello spazio si converte cosí in una teoria delle relazioni degli oggetti invece di essere una teoria delle relazioni degli eventi. Ma gli oggetti non partecipano del divenire degli eventi e quindi lo spazio, in quanto relazione fra gli oggetti, viene spogliato di ogni connessione col tempo. È lo spazio ad un istante senza alcuna relazione determinata con gli spazi dei momenti successivi, mentre non vi può essere uno spazio atemporale perché mutano le relazioni fra gli oggetti.

Poco prima, nel trattare della deduzione delle formule ortodosse per il moto relativo, ho detto che esse sono immediatamente deducibili dal presupposto dei punti assoluti in uno spazio assoluto. Questo riferimento allo spazio assoluto non era una svista. So che la teoria della relatività dello spazio tiene attualmente il campo sia nella scienza che nella filosofia, ma non credo che se ne afferrino le conseguenze inevitabili. Quando realmente le affrontiamo, l'aspetto paradossale della nostra interpretazione dello spazio ne viene grandemente mitigato. Se non c'è una posizione assoluta, un punto, non può piú essere un'entità semplice. Quello che è un punto per un uomo su un aerostato con gli occhi fissi su uno strumento, è invece una serie di punti per un osservatore sulla Terra che osserva l'aerostato attraverso un telescopio, ed è un'altra serie di punti per un osservatore nel sole che guarda lo stesso aerostato attraverso qualche altro strumento idoneo. Di conseguenza, se mi si rimprovera la paradossalità della mia teoria dei punti come classi di eventi puntiformi, e dell'altra mia teoria degli eventi puntiformi come gruppi di insiemi astrattivi, io chiedo al mio critico

di spiegare esattamente che cosa egli intenda per un punto. Quando si esprime il proprio pensiero riguardo a qualunque argomento, per quanto semplice, esso sarà sempre passibile di una forma sottile e precisa. Io ho almeno spiegato esattamente che cosa intendo per punto, quali relazioni esso implica e quali enti sono i termini di tali relazioni. Se ammettete la relatività dello spazio, dovete altresí ammettere che i punti sono enti complessi, costruzioni logiche implicanti altri enti e le loro relazioni. Esponete la vostra teoria, non in poche espressioni vaghe e di significato incerto, ma passo a passo in termini precisi riferentisi a relazioni determinate e termini determinati. Mostratemi inoltre che la vostra teoria dei punti porta ad una teoria dello spazio. Si osservi inoltre che l'esempio dell'uomo nell'aerostato, dell'osservatore sulla Terra e dell'osservatore nel Sole mostra che ogni presupposizione di una quiete relativa comporta uno spazio atemporale con punti radicalmente differenti da quelli risultanti da ogni altra presupposizione del genere. La teoria della relatività dello spazio è incompatibile con qualunque concezione di una serie di punti unica di uno spazio atemporale.

In effetti non vi è nessun paradosso nella mia concezione della natura dello spazio che non è inerente per essenza alla teoria della relatività dello spazio. Ma, checché si dica, questa concezione non è mai stata realmente adottata dalla scienza. Quanto risulta dai nostri trattati di dinamica è la concezione di Newton del moto relativo, basato sulla dottrina del moto differenziale nello spazio assoluto. Se appena ammettete che i punti sono enti radicalmente diversi rispetto a diverse assunzioni di quiete, allora le formole ortodosse perdono tutta la loro evidenza. Sembravano ovvie solo perché voi le ritenevate tali. Quando discutete questo argomento potete sfuggire al paradosso soltanto cercando rifugio dal diluvio del criticismo nell'arca confortevole del non-senso.

La nuova teoria offre una definizione della congruenza dei periodi di tempo. La concezione predominante non offre nulla

di simile. Essa afferma che, se assumiamo misure temporali tali che certe velocità familiari che ci sembrano uniformi siano uniformi, allora le leggi del moto sono vere. Ora, in primo luogo, non potrebbe risultare nessun movimento né uniforme, né non uniforme senza che esso implichi una determinazione definita della congruenza dei periodi temporali. Quindi, nel richiamarsi ai fenomeni familiari, essa ammette che vi è in natura qualche fattore che noi possiamo costruire intellettualmente come una teoria della congruenza. Ma al riguardo non può dire nulla, se non che le leggi del moto allora risultano vere. Supponete che si escluda qualunque riferimento alle velocità familiari, come la rotazione della Terra e simili. Saremo allora costretti ad ammettere che la congruenza non ha senso alcuno, a meno di rendere vere le leggi del moto con qualche assunzione arbitraria. Il che è storicamente falso. Re Alfredo il Grande ignorava le leggi del moto, ma sapeva molto bene che cosa intendeva dire per misura di tempo, e riusciva nel suo proposito per mezzo di candele accese successivamente. Del pari, nessuno nei tempi passati giustificava l'uso della sabbia nelle clessidre col dire che alcuni secoli piú tardi si sarebbero scoperte interessanti leggi sul moto che avrebbero dato un senso all'affermazione che la sabbia si scaricava dai vasi in tempi uguali. L'uniformità del mutamento viene percepita direttamente, e ne consegue che il genere umano percepisce in natura i fattori che permettono di costruire una teoria della congruenza temporale. La teoria predominante fallisce del tutto nel determinare tali fattori.

Il discorso sulle leggi del moto solleva un altro problema, a proposito del quale la teoria prevalente non può dire nulla, mentre la nuova teoria offre una spiegazione completa. È ben noto che le leggi del moto non sono valide per ogni asse di riferimento che si possa scegliere in un corpo rigido qualunque. Bisogna scegliere un corpo che non sia in rotazione e non abbia accelerazione. Per esempio, quelle leggi non sono realmente applicabili ad assi fissati nel globo terrestre a causa della rotazione diurna di tale corpo. La legge che non vale piú, se si

assumono erroneamente gli assi come se fossero in quiete, è la terza legge, cioè che l'azione e la reazione sono uguali e contrarie. Con l'assunzione erronea di questi assi le forze centrifughe semplici e composte, dovute alla rotazione, risultano senza compenso. L'influenza di queste forze si può dimostrare con molti fatti che accadono sulla superficie terrestre, il pendolo di Foucault, la forma della Terra, le direzioni fisse di rotazione dei cicloni e degli anticicloni. È difficile prendere sul serio l'interpretazione che questi fenomeni familiari siano dovuti all'influenza delle stelle fisse. Io non riesco a persuadermi di dover credere che una piccola stella girasse attorno ammiccando al pendolo di Foucault durante l'esperimento di Parigi del 1861. Naturalmente, tutto diventa degno di fede quando si sia dimostrata una dipendenza definita di natura fisica, per esempio l'influenza delle macchie solari. Ma, in questo caso, tutta la dimostrazione non ha le caratteristiche formali di una teoria coerente. Invece, secondo la teoria da noi proposta, gli assi a cui si deve riferire il moto sono gli assi in quiete nello spazio di un sistema temporale. Si tratti, per esempio, dello spazio di un sistema temporale α. Nello spazio di α vi sono serie di assi in quiete. Questi possono servire come assi delle leggi dinamiche. Un'altra serie valevole di assi in questo stesso spazio è quella degli assi che si muovono con velocità uniforme, senza rotazione. Tutti i punti in movimento determinati su questi assi mobili tracciano di fatto delle linee parallele con velocità uniforme. In altri termini essi sono la riflessione nello spazio di α di una serie di assi fissi nello spazio di qualche altro sistema temporale β. Di conseguenza, il gruppo degli assi dinamici richiesti per le leggi sul moto di Newton risulta dalla necessità di riferire il moto ad un corpo in quiete nello spazio di qualche sistema temporale, allo scopo di ottenere una misurazione coerente delle proprietà fisiche. Se non si fa così, il significato del moto di una porzione del nostro universo fisico risulta differente dal significato del moto di un'altra porzione dello stesso universo. Quindi, essendo il significato del moto ciò che esso è, allo scopo di de-

scrivere il movimento di un sistema qualunque di oggetti senza mutare il significato dei termini durante la descrizione, bisogna limitarsi ad assumere come assi di riferimento una sola serie di questi assi; sebbene sia possibile sceglierne la riflessione nello spazio di qualunque sistema temporale si voglia adottare. Si ha cosí una ragione fisica definita della proprietà peculiare dei gruppi di assi dinamici.

Secondo la teoria ortodossa, la posizione delle equazioni del moto riesce molto ambigua. Lo spazio, cui esse si riferiscono, è del tutto indeterminato ed altrettanto la misurazione dei lassi di tempo. La scienza parte semplicemente come per una battuta di caccia alla ricerca di qualche procedimento che possa valere per misurare il tempo e di qualche procedimento che possa valere per misurare lo spazio, nonché di qualcosa che si possa dire un sistema di forze, e di qualcos'altro che si possa dire massa, in modo che le formule ortodosse siano soddisfatte. L'unico motivo — in questa teoria — per cui ognuno desidererebbe soddisfare a queste formule è una deferenza sentimentale verso Galileo, Newton, Eulero e Lagrange. La teoria, ben lungi dal fondare la scienza su una solida base di osservazione, forza ogni cosa a conformarsi ad una semplice preferenza matematica per certe formule semplici.

Non credo affatto per il momento che questo sia un resoconto esatto della reale situazione delle leggi sul moto. Queste equazioni richiedono qualche lieve accomodamento per le nuove formole della relatività; ma con questi accomodamenti, impercettibili nell'uso ordinario, le leggi trattano di quantità fisiche fondamentali, che conosciamo molto bene e ci occorre mettere in relazione tra loro.

La misura del tempo era nota a tutti i popoli civili molto prima che si pensasse a queste leggi: ed esse riguardano appunto il tempo cosí misurato. Del pari, esse trattano dello spazio della nostra vita giornaliera; e, quando raggiungiamo una precisione di misura maggiore di quella fornita dall'osservazione normale, l'accomodamento è ammissibile. Ma, entro i limiti del-

l'osservazione, sappiamo che cosa intendiamo dire parlando di misure dello spazio, misure del tempo ed uniformità di mutamento. È còmpito della scienza di fornire una spiegazione razionale di ciò che risulta cosí evidente nella sensazione. A me riesce assolutamente incredibile che il fatto ultimo, oltre il quale non si dà spiegazione ulteriore, sia che il genere umano è stato realmente mosso da un desiderio inconscio di soddisfare alle formule matematiche che diciamo leggi del moto, formule completamente sconosciute fino al secolo XVII.

La correlazione dei fatti dell'esperienza sensibile risultante da una diversa interpretazione della natura si estende al di là delle proprietà fisiche del moto e delle proprietà della congruenza. Essa dà una spiegazione del significato degli enti geometrici come il punto, la linea retta e il volume, e collega le idee affini di estensione nello spazio ed estensione nel tempo. La teoria soddisfa al vero scopo di una spiegazione razionale nella sfera della filosofia naturale. Essa si propone di descrivere i rapporti della natura, e di mostrare che una serie di ingredienti della natura richiede per esprimere il proprio carattere la presenza delle altre serie di ingredienti.

Dobbiamo liberarci dal pregiudizio che la natura sia un semplice aggregato di enti indipendenti, ciascuno passibile di venire isolato. Secondo questa concezione, tali enti, i cui caratteri comportano una definizione isolata, si trovano insieme e dai loro rapporti accidentali nasce il sistema della natura. Questo sistema è quindi assolutamente accidentale; ed anche se fosse soggetto ad un fato meccanico, anche ciò accadrebbe solo in modo accidentale.

Secondo questa teoria, lo spazio può stare senza il tempo ed il tempo senza lo spazio; ed è naturale che la teoria naufraghi quando si giunge alle relazioni della materia con lo spazio. La teoria relativistica dello spazio costituisce un riconoscimento che non si può conoscere lo spazio senza la materia o la materia senza lo spazio. Ma viene gelosamente conservata la separazione di entrambi dal tempo. Le relazioni fra porzioni di materia

nello spazio sono fatti accidentali dovuti all'assenza di qualunque spiegazione coerente del come lo spazio risulti dalla materia o del come la materia risulti dallo spazio. E parimenti, quel che noi realmente osserviamo in natura, i colori, i suoni e le impressioni tattili, sono qualità secondarie; in altre parole, esse non esistono in natura, ma sono prodotti accidentali delle relazioni fra la natura e lo spirito.

La concezione della natura da me sostenuta, come un ideale contrapposto a questa visione accidentale, afferma che nulla in natura potrebbe essere ciò che è, se non fosse in effetti un ingrediente della natura stessa. Il tutto, offerto per essere giudicato, è dato nella sensazione come necessario per le parti giudicate. Un evento isolato non è un evento, poiché ogni evento è un fattore in un tutto piú vasto ed è significante di quel tutto. Non vi può essere tempo senza spazio, né spazio senza tempo; e neppure spazio e tempo senza il divenire degli eventi di natura. L'isolamento di un ente nel pensiero, quando lo pensiamo come un mero « esso », non corrisponde a nulla di reale in natura, che sia del pari isolato. Tale isolamento dipende semplicemente dal modo con cui procede la conoscenza razionale.

Le leggi di natura sono il risultato dei caratteri degli enti che si trovano in natura; e poiché gli enti sono quello che sono, anche le leggi devono essere quello che sono; e reciprocamente gli enti derivano dalle leggi. Siamo ben lontani dall'avere raggiunto un tale ideale; ma esso rimane l'ideale costante della scienza teorica.

VII. Gli oggetti

Il presente capitolo concerne la teoria degli oggetti. Gli oggetti sono elementi della natura che non divengono. La sensazione di un oggetto come di un fattore non partecipante del divenire naturale è ciò che io chiamo « riconoscimento ». È impossibile riconoscere un evento, perché un evento è essenzialmente distinto da ogni altro evento. Riconoscere significa prendere atto di un'identità. Ma ciò implica un atto razionale di comparazione accompagnato da un giudizio. Io uso il termine « riconoscimento » per le relazioni non-razionali della sensazione che collega lo spirito con un fattore di natura senza divenire. Dal lato razionale dell'esperienza dello spirito si ha la comparazione di cose riconosciute ed i relativi giudizi di identità o di diversità. Probabilmente « riconoscimento sensibile » esprimerebbe meglio quanto intendo dire del semplice vocabolo « riconoscimento »; ho scelto il piú semplice, perché penso di riuscire ad evitare l'uso del vocabolo « riconoscimento » in significati diversi da quello di « riconoscimento sensibile ». Sono pienamente disposto ad ammettere che il riconoscimento, nel senso da me inteso, è meramente un limite ideale, e che di fatto non si dà riconoscimento senza l'intervento razionale della comparazione e del giudizio. Ma il riconoscimento è quella relazione dello spirito alla natura che procura il materiale per l'attività razionale.

Un oggetto è un ingrediente nel carattere di qualche evento. Infatti il carattere di un evento non è costituito da altro che da-

gli oggetti ingredienti in esso e dai modi con cui gli oggetti entrano negli eventi. Quindi, la teoria degli oggetti è la teoria della comparazione degli eventi. Gli eventi sono comparabili solo in quanto dànno forma alle permanenze. Si paragonano oggetti negli eventi ogni qual volta si può dire: « Eccolo di nuovo ». Gli oggetti sono gli elementi in natura che possono « essere di nuovo ».

Talvolta, si può provare l'esistenza di permanenze che sfuggono al riconoscimento nel senso da me usato. Tali permanenze ci appaiono come proprietà astratte o degli eventi o degli oggetti. Tutte quante sono riconoscibili, sebbene indiscriminate, nella sensazione. La divisione degli eventi, lo spezzettarsi della natura in parti è opera degli oggetti, che noi riconosciamo come loro ingredienti. La discriminazione della natura è il riconoscimento degli oggetti in mezzo agli eventi in divenire; essa è un composto formato dalla sensazione del divenire della natura, dalla conseguente divisione della natura, e dalla definizione di certe parti della natura per mezzo dei modi con cui gli oggetti entrano negli eventi.

Avrete compreso che uso il termine « ingredienza » per esprimere la relazione generale degli oggetti con gli eventi. L'ingredienza di un oggetto in un evento è il modo di formarsi del carattere dell'evento in virtú dell'esistenza dell'oggetto. Ossia l'evento è ciò che è in quanto l'oggetto è ciò che è; e quando penso a questa modificazione dell'evento tramite l'oggetto, la dico « ingredienza dell'oggetto nell'evento ». È lo stesso dire che gli oggetti sono quello che sono in quanto gli eventi sono quello che sono. La natura è tale che non vi possono essere né eventi, né oggetti, senza l'ingredienza degli oggetti negli eventi, sebbene vi siano eventi tali che gli oggetti ingredienti sfuggono al nostro riconoscimento. Questi ultimi sono gli eventi nello spazio vuoto, e sono analizzabili solo tramite le prove razionali della scienza.

L'ingredienza è una relazione che possiede modi diversi. Ovviamente vi sono diversi generi di oggetti; e nessun genere di

oggetti può possedere lo stesso modo di relazione con gli eventi degli oggetti di un altro genere. Dovremo analizzare alcuni dei differenti modi di ingredienza dei differenti generi di oggetti negli eventi.

Ma, anche limitandoci ad un unico e medesimo genere di oggetti, questo oggetto ha modi differenti di ingredienza in eventi differenti. La scienza e la filosofia sono riuscite ad irretirsi nella teoria semplicistica che un oggetto è in un posto solo in ogni momento definito, ed in nessun senso è in qualche altro posto. È questo di fatto l'atteggiamento del senso comune, sebbene non sia l'atteggiamento del linguaggio che esprime ingenuamente i fatti dell'esperienza. Ogni nuova espressione di un'opera letteraria, che tenti veramente di interpretare i fatti dell'esperienza, esprime qualche differenza negli eventi che la circondano, dovuta alla presenza di qualche oggetto. Un oggetto è ingrediente per tutto il suo ambiente, ed il suo ambiente è indefinito. Anche la modificazione degli eventi dovuta all'ingredienza è suscettibile di differenze quantitative. In fine siamo dunque costretti ad ammettere che ogni oggetto è ingrediente in qualche modo in tutta la natura; sebbene la sua ingredienza possa riuscire quantitativamente irrilevante nell'espressione della nostra esperienza individuale.

Questa ammissione non è nuova né per la filosofia né per la scienza. Ovviamente è un assioma necessario per quei filosofi che sostengono che la realtà è un sistema. Io continuo a sfuggire alla profonda e vessata questione di che cosa si debba intendere per « realtà » e mantengo la tesi piú modesta che la natura è un sistema. Ma suppongo che in questo caso il minore segue dal maggiore e che posso invocare l'appoggio di tali filosofi. La stessa concezione è connessa in modo essenziale a tutta la moderna speculazione fisica. Già nel 1847, in un saggio pubblicato sul « Philosophical Magazine », Faraday osservava che la sua teoria dei tubi di forza implicava il fatto che in un certo senso una carica elettrica sia dovunque. La modificazione di un campo magnetico in ogni punto dello spazio ad ogni istante,

dovuta alla storia passata di ogni elettrone, è un altro modo di stabilire lo stesso fatto. Possiamo tuttavia illustrare tale concezione per mezzo dei fatti piú familiari della nostra vita, senza ricorrere alle astruse speculazioni della fisica teorica.

L'agitazione delle onde lungo la costa della Cornovaglia parla di una burrasca nel medio Atlantico; ed il nostro pranzo testimonia l'ingredienza del cuoco nella camera da pranzo. È evidente che l'ingredienza degli oggetti negli eventi include la teoria della causalità. Preferisco trascurare questo aspetto dell'ingredienza, perché la causalità richiama alla memoria discussioni fondate sopra teorie della natura contrarie alla mia. E credo inoltre che si possa gettare qualche nuova luce sull'argomento, considerandolo sotto un aspetto inconsueto.

Gli esempi da me dati dell'ingredienza degli oggetti negli eventi ci ricordano che l'ingredienza assume una forma peculiare nel caso di certi eventi; in un certo senso si tratta di una forma piú concentrata. Per esempio, l'elettrone ha una certa posizione nello spazio e possiede una certa forma; forse è una sfera enormemente piccola in un certo tubo d'esperimento. Il temporale è una burrasca situata nel medio Atlantico ad una data longitudine e latitudine, ed il cuoco è in cucina. Chiamerò questa forma speciale di ingredienza la «relazione di situazione»; ed anche, in un doppio senso del termine «situazione», dirò «situazione dell'oggetto» l'evento in cui un oggetto è situato. Quindi una situazione è un evento che costituisce un termine della relazione di situazione. La prima impressione è che infine siamo tornati al fatto elementare del dove si trova in realtà l'oggetto; e che quella relazione piú vaga, da me detta ingredienza, non si dovrebbe confondere con la relazione di situazione, come se la includesse come un caso particolare. Sembra cosí ovvio che qualunque oggetto si trovi in tale e talaltra posizione, e che esso influenzi gli altri eventi in un senso totalmente differente. Ossia, in un senso un oggetto è il carattere dell'evento che rappresenta la sua situazione, ma esso influenza solo il carattere di altri eventi. Di conseguenza, le relazioni di situazione e di influenza non sono

in genere la stessa specie di relazioni, e non si dovrebbero sussumere sotto lo stesso concetto di « ingredienza ». Io ritengo che qui si tratti di un errore, e che sia impossibile tracciare una distinzione chiara fra le due relazioni.

Per esempio, dov'era il vostro mal di denti? Voi siete andato dal dentista e gli avete mostrato il dente; egli lo ha dichiarato perfettamente sano e vi ha curato otturandone un altro. Quale dente rappresentava la situazione del vostro mal di denti? Ancora: un uomo ha avuto un braccio amputato, eppur prova sensazioni nella mano perduta: la situazione della mano immaginaria è di fatto semplicemente l'aria. Guardate in uno specchio, e vedete un caminetto: le fiamme che voi vedete sono situate dietro lo specchio. Oppure ancora: guardate il cielo di notte; se qualche stella ha cessato di esistere qualche ora fa, non ne sareste certo a conoscenza. Perfino le situazioni dei pianeti differiscono da quelle che la scienza pretende loro assegnare.

Comunque, voi siete tentati di esclamare: « Ma il cuoco è in cucina! » Se parlate del suo spirito, non voglio rispondere, poiché mi limito a trattare della natura. Parliamo dunque solo della sua presenza corporea. Che cosa volete dire con quella espressione? Noi ci limitiamo alle manifestazioni tipiche: potete vederlo, toccarlo, e sentirlo. Ma gli esempi che vi ho dato mostrano che le nozioni delle situazioni di ciò che vedete, toccate e sentite non sono isolate cosí perfettamente da escludere ogni ulteriore discussione. Non potete star fermi all'idea che abbiamo due serie di esperienze della natura, una delle qualità primarie che appartengono agli oggetti percepiti, ed un'altra delle secondarie che sono il prodotto dei nostri eccitamenti spirituali. Tutto quanto conosciamo della natura sta nella stessa barca: o sta a galla tutto, o va a fondo tutto. Le costruzioni della scienza sono semplicemente descrizioni dei caratteri delle cose percepite. Di conseguenza affermare che il cuoco è un certo turbine di molecole e di elettroni significa semplicemente affermare che le cose percepibili attorno a lui possiedono certi caratteri. Le situazioni delle manifestazioni percepite della sua presenza corporea hanno

soltanto una relazione molto generale alle situazioni delle molecole, che si devono determinare esaminando le circostanze della percezione.

Nel discutere le relazioni della situazione in particolare e dell'ingredienza in generale, il primo requisito sarà di notare che gli oggetti sono di tipo radicalmente differente. Infatti ogni tipo di « situazione » e di « ingredienza » possiede il proprio speciale significato, differente da quello di altri tipi, sebbene se ne possano indicare le connessioni. È perciò necessario nel discuterne determinare di quale tipo di oggetti si tratta. I tipi di oggetti sono a mio parere infiniti. Fortunatamente non dobbiamo prenderli in considerazione tutti. L'idea di situazione possiede la sua importanza peculiare rispetto a tre tipi di oggetti, che io denomino oggetti del senso, oggetti della percezione ed oggetti scientifici. La convenienza di questi nomi è di importanza trascurabile: l'importante è che io riesca a spiegare che cosa intendo con essi.

Questi tre tipi costituiscono una gerarchia ascendente, ciascun membro della quale presuppone il tipo inferiore. La base della gerarchia è costituita dagli oggetti del senso, che non presuppongono alcun altro tipo di oggetti. Un oggetto del senso è un fattore di natura posto dalla sensazione, il quale: 1) in quanto è un oggetto, non partecipa del divenire della natura; 2) non è una relazione fra altri fattori naturali. Sarà naturalmente un termine di riferimento in relazioni che implichino pure altri fattori naturali, ma è sempre un termine di relazione e mai la relazione esso medesimo. Esempi di oggetti del senso sono un colore particolare, per esempio il blu di Prussia, o una specie particolare di suono, o un tipo particolare di profumo, o una qualsiasi sensazione particolare. Non parlo di una particolare tela blu, vista in un momento definito di tempo, perché una tale tela è un evento in cui il blu di Prussia è situato. Parimenti non parlo di una particolare sala da concerto in cui risuoni la nota; intendo parlare della nota in se stessa e non della porzione di volume riempita dalla nota durante un decimo di se-

condo. Ci riesce naturale pensare la nota in se stessa, ma nel caso del colore siamo portati a pensarlo semplicemente come una proprietà della tela. Nessuno pensa la nota come una proprietà della sala da concerto. Noi vediamo il blu e sentiamo la nota; ambedue sono posti immediatamente dalla discriminazione compiuta dalla sensazione, che collega lo spirito alla natura. Il blu è posto in natura in relazione ad altri fattori naturali; in particolare è posto nella relazione di essere situato nell'evento che costituisce la sua situazione.

Le difficoltà che si addensano attorno alla relazione di situazione nascono dal rifiuto ostinato dei filosofi di prendere sul serio il fatto ultimo delle relazioni multiple. Per relazione multipla intendo una relazione che in ogni occasione concreta del suo verificarsi coinvolge necessariamente piú di due termini. Per esempio, quando Tommaso ama Giovanni vi sono solo due termini, mentre quando Giovanni offre un libro a Tommaso, i termini sono tre: Giovanni, il libro e Tommaso.

Alcune scuole filosofiche, sotto l'influsso della logica e della filosofia aristoteliche, cercano di procedere senza ammettere nessuna relazione, eccettuata quella di sostanza e di attributo. Ossia tutte le relazioni apparenti sono risolubili nell'esistenza di sostanze reciprocamente indipendenti, munite di attributi contrastanti. La monadologia leibniziana è il risultato necessario di una simile filosofia. Se non vi va a genio il pluralismo, ci dovrà essere una sola monade.

Altre scuole filosofiche ammettono le relazioni, ma si rifiutano ostinatamente di considerare le relazioni con piú di due termini. Non credo che questa limitazione si basi su qualche teoria definita; essa nasce semplicemente dal fatto che le relazioni piú complesse, quando siano introdotte nel ragionamento, sono un fastidio per chi non possiede una preparazione matematica adeguata.

Devo ripetere che qui non si vuole trattare del carattere ultimo della realtà. È ben possibile che nella vera filosofia della realtà vi siano solo sostanze individuali con attributi, o solo re-

lazioni con una coppia di termini. Non credo che le cose stiano cosí, ma questa discussione non mi riguarda nel nostro caso. Il nostro argomento è la Natura. Finché ci limitiamo ai fattori posti nella sensazione della natura, mi pare che si diano sicuramente casi di relazioni multiple fra questi fattori, e che la relazione di situazione per gli oggetti del senso è un esempio di tali relazioni multiple.

Consideriamo un abito blu, una tuta di lana blu appartenente a qualche atleta. La tuta in se stessa è un oggetto della percezione e la sua situazione non è ciò di cui sto parlando. Stiamo parlando della sensazione ben definita di qualcuno che veda il blu in quanto situato in un evento di natura. Può darsi che guardi direttamente la tuta; allora, egli vede il blu come praticamente situato nello stesso evento della tuta in quell'istante. È vero che il blu, da lui veduto, è dovuto alla luce che ha abbandonato la tuta qualche impercettibile frazione di secondo prima; mentre questa differenza sarebbe importante se egli stesse guardando una stella del colore blu, poiché la stella potrebbe avere cessato di esistere alcuni giorni o perfino alcuni anni prima. Dunque, la situazione del blu non sarà intimamente connessa con la situazione (intesa nell'altro senso) di un oggetto della percezione. Questa mancanza di connessione tra il blu e la situazione dell'oggetto percettivo associato non richiede una stella per essere illustrato. Un qualunque specchio è sufficiente. Guardate la tuta mediante uno specchio, e il blu vi apparirà situato dietro lo specchio, e l'evento che è la sua situazione dipende allora dalla posizione dell'osservatore.

La sensazione del blu, in quanto situata in un certo evento, che io dico la situazione, si rivela quindi come la sensazione di una relazione fra il blu, l'evento percipiente dell'osservatore, la situazione e gli eventi interferenti. In effetti si richiede tutta la natura, sebbene solo certi eventi interferenti debbano possedere caratteri di un tipo definito. L'ingredienza del blu negli eventi della natura risulta cosí sistematicamente collegata. Userò l'espressione « ingredienza in natura » per questa correlazione si-

stematica del blu con la natura. Quindi l'ingredienza del blu in un evento definito qualunque è una constatazione particolare dell'ingredienza del blu nella natura.

Rispetto all'ingredienza del blu nella natura, gli eventi si possono *grosso modo* distinguere in quattro classi, che si sovrappongono e non sono nettamente separate. Queste classi sono: 1) gli eventi percipienti; 2) le situazioni; 3) gli eventi attivi che la condizionano; 4) gli eventi passivi che la condizionano. Per comprendere questa classificazione degli eventi nel fatto generale dell'ingredienza del blu nella natura, fermiamo la nostra attenzione su una situazione unica di un evento percipiente unico e sulla funzione corrispondente degli eventi condizionanti l'ingredienza cosí limitata. L'evento percipiente è la condizione corporea rilevante dell'osservatore; la situazione è là dove egli vede il blu, vale a dire dietro lo specchio; gli eventi attivi condizionanti sono gli eventi di carattere particolarmente rilevante per l'evento (cioè la situazione), che costituiscono la situazione per l'evento percipiente, ossia la tuta, lo specchio, e la condizione di luce e di atmosfera della stanza; gli eventi condizionanti passivi sono gli eventi del rimanente della natura.

In genere la situazione è un evento condizionante attivo; ossia la tuta stessa, quando non vi è specchio o altro mezzo simile a produrre effetti anormali. Ma l'esempio dello specchio mostra che la situazione può essere costituita da uno degli eventi condizionanti passivi. Siamo quindi in grado di dire che i nostri sensi sono stati ingannati, in quanto noi richiediamo come un diritto che la situazione debba essere una condizione attiva di ingredienza.

Questa richiesta non è senza fondamento come può sembrare nel modo come io l'ho presentata. Tutto quanto conosciamo dei caratteri degli eventi della natura è basato sull'analisi delle relazioni delle situazioni con gli eventi percipienti. Se le situazioni non fossero in genere condizioni attive, questa analisi non ci direbbe nulla. La natura sarebbe un enigma insondabile e non esisterebbe una scienza. Di conseguenza il disappunto iniziale,

quando una situazione risulta essere una condizione passiva, è in un certo senso giustificabile; infatti, se casi del genere succedessero troppo spesso, la funzione dell'intelletto sarebbe finita.

Inoltre lo specchio stesso è la situazione di altri oggetti del senso o per lo stesso osservatore con lo stesso evento percipiente, o per altri osservatori con altri eventi percipienti. Cosí il fatto che un evento sia una situazione nell'ingredienza di una serie di oggetti del senso nella natura, fornisce l'evidenza presuntiva che quell'evento sia una condizione attiva nell'ingredienza di altri oggetti del senso nella natura, che potrebbero avere altre situazioni.

È questo un principio fondamentale della scienza, derivato dal senso comune.

Torniamo agli oggetti percettivi. Quando guardiamo la tuta, in genere non diciamo: « C'è un pezzo di blu »; di solito diciamo invece: « C'è una tuta ». Anche il giudizio che quanto abbiamo visto è un elemento dell'abbigliamento maschile e un mero particolare. Quanto percepiamo è un oggetto diverso da un semplice oggetto del senso. Non è semplicemente una macchia di colore, ma qualcosa di piú; ed è appunto quel qualcosa di piú che giudichiamo essere una tuta. Userò il termine « tuta » per indicare quell'oggetto bruto che è piú di una macchia di colore, e senza alcuna allusione ai giudizi sulla sua utilità come articolo di abbigliamento sia nel passato che nel futuro. La tuta percepita — in questo senso della parola « tuta » — è ciò che io dico un oggetto percettivo. Esaminiamo ora il carattere generale di questi oggetti percettivi.

È una legge di natura che, in generale, la situazione di un oggetto del senso non è solo la situazione di quell'oggetto del senso per un definito evento percipiente, ma è la situazione di una varietà di oggetti del senso per una varietà di eventi percipienti. Per esempio, per un evento percipiente qualunque, la situazione di un oggetto del senso visivo è atta altresí ad essere la situazione di oggetti del tatto, dell'odorato e dell'udito. Inoltre, questo combinarsi delle situazioni degli oggetti del senso ha portato il

corpo — cioè l'evento percipiente — ad adattarsi in modo che la percezione di un solo oggetto del senso in una situazione determinata porta ad una sensazione subconscia di altri oggetti del senso nella medesima situazione. Questa combinazione avviene specialmente fra la vista ed il tatto. C'è una certa correlazione fra le ingredienze di oggetti del tatto e di oggetti della vista in natura, ed in un grado meno accentuato fra le ingredienze di altre coppie di oggetti del senso. Questa specie di correlazione la chiamo « trasmissione » di un oggetto del senso fatta da un altro. Quando vedete la tuta di maglia blu, inconsciamente avete l'impressione di indossarla o altrimenti di toccarla. Se siete un fumatore prendete atto anche subconsciamente del sottile aroma del tabacco. Il fatto peculiare, posto da questa sensazione di oggetti del senso subconsciamente combinati con uno o piú oggetti del senso dominanti nella medesima situazione, è la sensazione dell'oggetto percettivo. Questo non è originalmente il risultato di un giudizio, ma un fattore della natura posto direttamente nella sensazione. L'elemento del giudizio interviene quando si passa a classificare il particolare oggetto percettivo. Per esempio, si dice « quella è maglia », e si pensa alle proprietà della maglia ed agli usi delle tute da atleta. Ma tutto ciò avviene dopo che abbiamo afferrato l'oggetto percettivo. I giudizi di anticipazione agiscono sugli oggetti percettivi, percepiti col mettere a fuoco e col disperdere l'attenzione.

L'oggetto percettivo è il risultato dell'abitudine all'esperienza. Qualunque cosa in conflitto con questa abitudine impedisce la sensazione di tali oggetti. Un oggetto del senso non è il prodotto dell'associazione di idee del nostro intelletto; è il prodotto dell'associazione di oggetti del senso nella stessa situazione. Questo risultato non è intellettivo; è un oggetto di tipo particolare con una propria ingredienza peculiare nella natura.

Vi sono due generi di oggetti percettivi, ossia « oggetti percettivi illusori » ed « oggetti fisici ». La situazione di un oggetto percettivo illusorio è una condizione passiva nell'ingredienza di quell'oggetto nella natura. Anche l'evento, che costituisce la

situazione, avrà la relazione di situazione con l'oggetto solo per un particolare evento percipiente. Per esempio, un osservatore vede l'immagine della tuta blu in uno specchio: egli vede una tuta blu e non una semplice macchia di colore. Questo mostra che le condizioni attive per la trasmissione di un gruppo di oggetti subconsci del senso tramite un oggetto del senso dominante devono essere cercate nell'evento percipiente. Ossia, le ritroveremo nelle ricerche degli psicologi medici. L'ingredienza in natura dell'oggetto illusorio è condizionata dall'adattamento degli eventi corporei a ciò che si verifica piú normalmente, cioè alla ingredienza dell'oggetto fisico.

Un oggetto percettivo è un oggetto fisico, quando: 1) la sua situazione è un evento condizionante attivo per l'ingredienza di qualunque dei suoi oggetti del senso componenti; 2) lo stesso evento può essere la situazione dell'oggetto percettivo per un numero indefinito di eventi percipienti. Gli oggetti fisici sono gli oggetti ordinari che percepiamo quando i nostri sensi non sono ingannati, come sedie, tavole ed alberi. Sotto un certo aspetto gli oggetti fisici hanno una forza percettiva piú intensa degli oggetti del senso. La prima condizione di sopravvivenza per gli organismi viventi complessi è l'attenzione al fatto del verificarsi di questi oggetti in natura. Il risultato di questo alto potere percettivo degli oggetti fisici è la filosofia scolastica della natura, che considera gli oggetti del senso come meri attributi degli oggetti fisici. La visuale scolastica è direttamente contraddetta dall'abbondanza di oggetti del senso che si presentano nella nostra esperienza come situati negli eventi senza nessuna connessione con gli oggetti fisici: per esempio, odori, suoni, colori vaghi ed oggetti del senso piú sottili e privi di nome. Non si dà percezione di oggetti fisici senza percezione di oggetti del senso; ma il contrario non è vero: ossia vi è una ricca percezione di oggetti del senso senza accompagnamento di alcuna percezione di oggetti fisici. Questa mancanza di reciprocità nella relazione fra gli oggetti del senso e gli oggetti fisici riesce fatale alla filosofia scolastica della natura.

C'è una differenza enorme fra la funzione delle situazioni degli oggetti del senso e degli oggetti fisici. Le situazioni di un oggetto fisico sono condizionate dall'unicità e dalla continuità. L'unicità è un ideale limite a cui ci approssimiamo procedendo nel pensiero lungo un insieme astrattivo di durate, considerando le durate sempre piú piccole nel loro tendere al limite ideale del momento di tempo. In altre parole, quando una durata è abbastanza piccola, la situazione dell'oggetto fisico entro quella durata è praticamente unica.

L'identificazione dello stesso oggetto fisico come situato in eventi diversi ed in durate distinte si attua sotto la condizione della continuità. Questa condizione consiste nella possibilità di ritrovare una continuità di divenire dal primo al secondo di due eventi dati, essendo ogni evento una situazione dell'oggetto nella durata corrispondente. Quando i due eventi sono praticamente adiacenti in un apparente presente, questa continuità di divenire può essere percepita direttamente. Diversamente è materia di giudizio e di inferenza.

Le situazioni degli oggetti del senso non sono condizionate da nessuna di queste due condizioni, né dall'unicità né dalla continuità. In qualunque durata, comunque piccola, un oggetto del senso può avere qualunque numero di situazioni separate l'una dall'altra. Quindi, due situazioni di un oggetto del senso, o di una stessa durata o di durate distinte, non sono connesse necessariamente da una continuità di divenire degli eventi che sono pure situazioni di quell'oggetto del senso.

I caratteri degli eventi condizionanti, implicati nell'ingredienza di un oggetto del senso nella natura, si possono di solito esprimere nei termini degli oggetti fisici situati in quegli eventi. Sotto un certo aspetto questa è una tautologia, poiché l'oggetto fisico non è nient'altro che la combinazione abituale di un certo insieme di oggetti del senso in una situazione. Di conseguenza, quando sappiamo tutto riguardo ad un oggetto fisico, conosciamo in effetti gli oggetti del senso componenti. Ma un oggetto fisico è una condizione del verificarsi degli oggetti del senso diversa

da quelle che formano le sue componenti. Per esempio, l'atmosfera fa sí che gli eventi, che sono le sue situazioni, diventino condizioni attive nella trasmissione del suono. Uno specchio, che è esso stesso un oggetto fisico, è una condizione attiva per la situazione di una macchia di colore dietro di esso, dovuta alla riflessione in esso della luce.

Quindi, l'origine della conoscenza scientifica sta nel tentativo di esprimere in termini di oggetti fisici le diverse funzioni degli eventi, in quanto condizioni attive nell'ingredienza degli oggetti del senso nella natura. Gli oggetti scientifici risultano dal progresso di questa ricerca. Essi incorporano gli aspetti del carattere delle situazioni degli oggetti fisici, che sono piú costanti ed esprimibili senza riferimento ad una relazione multipla, includente un evento percipiente. Le loro relazioni reciproche sono pure caratterizzate da una certa semplicità ed uniformità. Infine, i caratteri degli oggetti fisici e degli oggetti del senso osservati si possono esprimere per mezzo di questi oggetti scientifici. Infatti tutta la difficoltà della ricerca scientifica consiste nell'ottenere questa espressione semplice dei caratteri degli eventi. Gli oggetti scientifici non sono essi stessi mere formule di calcolo; poiché le formule devono riferirsi a cose della natura, e gli oggetti scientifici sono le cose di natura a cui si riferiscono le formule.

Un oggetto scientifico, per esempio un definito elettrone, è una correlazione sistematica dei caratteri di tutti gli eventi per tutta la natura. È un aspetto del carattere sistematico della natura. L'elettrone non si trova semplicemente dov'è la sua carica: la carica è il carattere quantitativo di certi eventi, dovuti all'ingredienza dell'elettrone nella natura, mentre l'elettrone è l'intero campo di forza. Ossia, l'elettrone è il modo sistematico in cui tutti gli eventi sono modificati in quanto espressione della sua ingredienza. La situazione di un elettrone in una durata comunque piccola si può definire come l'evento che possiede il carattere quantitativo costituito dalla carica di quell'elettrone. Possiamo, se vi piace, intendere per elettrone la mera carica;

ma allora bisogna trovare un altro nome per l'oggetto scientifico che è l'ente completo di cui si occupa la scienza, e da me detto elettrone.

In base a questa concezione degli oggetti scientifici, le teorie opposte dell'azione a distanza e dell'azione per trasmissione attraverso un mezzo risultano ambedue espressioni incomplete del reale processo della natura. La corrente degli eventi formante la serie continua di situazioni dell'elettrone è interamente autodeterminata, sia in quanto possiede il carattere intrinseco di essere la serie delle situazioni di quell'elettrone, sia rispetto ai sistemi temporali con cui i suoi diversi membri sono cogredienti, ed al fluire delle loro posizioni nelle corrispondenti durate. Qui sta la ragione per non accettare l'azione a distanza; ossia il progresso del flusso di situazioni di un oggetto scientifico si può determinare con un'analisi del flusso stesso.

D'altra parte, l'ingredienza di ogni elettrone in natura modifica per una certa estensione il carattere di ogni evento. Quindi, il carattere della corrente degli eventi in questione reca tracce dell'esistenza di ogni altro elettrone dell'universo. Se preferiamo pensare gli elettroni come ristretti a ciò che io chiamo le loro cariche, allora le cariche agiscono a distanza, ma l'azione consiste nella modificazione della situazione dell'altro elettrone in esame. Questo concetto di una carica agente a distanza è del tutto artificiale. Il carattere della natura è espresso nel modo piú completo di tutti dalla concezione che ogni evento è modificato dall'ingredienza di ogni elettrone in natura. L'etere è l'espressione di questa modificazione sistematica degli eventi attraverso lo spazio ed il tempo. Un'espressione migliore del carattere di questa modificazione i fisici non l'hanno ancora trovata; la mia teoria non ha nulla a che fare con ciò ed è pronta ad accettare qualunque risultato della scienza fisica.

La connessione degli oggetti con lo spazio esige qualche chiarimento. Gli oggetti sono situati negli eventi. La relazione di situazione è differente per ogni tipo di oggetti, e nel caso degli oggetti del senso non si può esprimere come relazione a due

soli termini. Sarebbe forse meglio denominare diversamente questi diversi tipi della relazione di situazione, ma non è necessario per la trattazione del nostro argomento. Si può capire comunque che quando si parla di situazione, si tratta di un tipo determinato, e può darsi che i risultati della discussione non valgano per un tipo diverso. In tutti i casi tuttavia userò il termine situazione per esprimere una relazione fra oggetti ed eventi, e mai fra oggetti ed elementi astrattivi. C'è una relazione derivata fra gli oggetti e gli elementi spaziali, che io chiamo la relazione di locazione; e quando essa ha luogo, dico che l'oggetto è collocato nell'elemento astrattivo. In questo senso, un oggetto può essere collocato in un momento del tempo, in un volume dello spazio, in un'area, in una linea, in un punto. Ci sarà un tipo peculiare di locazione corrispondente ad ogni tipo di situazione; e la locazione risulta in ogni caso derivata dalla corrispondente relazione di situazione, nel modo che ora esporrò.

Anche la locazione nello spazio atemporale di un sistema temporale è una relazione derivata dalla locazione negli spazi istantanei del medesimo sistema temporale. Di conseguenza la locazione in uno spazio istantaneo è l'idea primaria che dobbiamo spiegare. Una grave confusione è stata occasionata nella filosofia naturale dall'aver trascurato di fare una distinzione fra i differenti tipi di oggetti, di situazione, di locazione, e fra locazione e situazione. È impossibile svolgere con cura un ragionamento sul terreno incerto degli oggetti e delle loro posizioni, senza tener presenti queste distinzioni. Un oggetto è collocato in un elemento astrattivo, quando si può trovare un insieme astrattivo appartenente a quell'elemento, tale che ogni evento appartenente a quell'insieme sia una situazione dell'oggetto. Si ricorderà che un elemento astrattivo è un certo gruppo di insiemi astrattivi e che ogni insieme astrattivo è un insieme di eventi. Questa definizione indica la locazione di un oggetto in qualunquo tipo di elemento astrattivo. In questo senso possiamo parlare dell'esistenza di un oggetto in un istante, intendendo parlare della sua locazione in un momento definito. Può altresí

essere collocato in qualche elemento spaziale dello spazio istantaneo di quel momento.

Si può dire che una quantità è collocata in un elemento astrattivo, quando si può trovare un insieme astrattivo appartenente a quell'elemento, tale che le espressioni quantitative dei corrispondenti caratteri dei suoi eventi convergano verso la misura della quantità data come ad un limite, quando si percorra un insieme astrattivo verso il suo estremo di convergenza.

Con queste definizioni viene definita la locazione negli elementi degli spazi istantanei. Questi elementi occupano elementi corrispondenti degli spazi atemporali. Un oggetto collocato in un elemento di uno spazio istantaneo si dirà pure collocato in quel momento nell'elemento atemporale dello spazio atemporale, occupato da quell'elemento istantaneo.

Non ogni oggetto può essere collocato in un momento. Un oggetto, che si possa collocare in ogni momento di una durata, si dirà un oggetto « uniforme » per tutta la durata. Gli oggetti fisici ordinari ci appaiono come oggetti uniformi, e di solito supponiamo che gli oggetti scientifici, per esempio gli elettroni, siano uniformi. Ma per certo alcuni oggetti del senso non sono uniformi. Una melodia è un esempio di oggetto non uniforme; l'abbiamo percepita come un tutto in una certa durata, ma la melodia come tale, non è presente in ogni momento di quella durata, sebbene una delle note singole vi possa essere collocata.

È quindi possibile che, per l'esistenza di certe specie di oggetti, elettroni ad es., si richiedano dei *quanta* minimi di tempo. Un postulato del genere è evidentemente richiesto dalla moderna teoria dei *quanta*, ed esso è perfettamente coerente con la concezione degli oggetti qui esposta.

Anche l'esigenza di distinguere fra l'elettrone come pura carica elettrica quantitativa e l'elettrone come esistente per l'ingredienza di un oggetto in natura, mette in rilievo il numero indefinito di tipi di oggetti esistenti in natura. Razionalmente possiamo distinguere tipi di oggetti con sottigliezza sempre maggiore, dove per sottigliezza intendo allontanamento dall'appren-

sione immediata della sensazione. L'evoluzione nella complessità della vita significa un accrescimento dei tipi di oggetti direttamente sentiti. La delicatezza di sensibilità significa percezione di oggetti come enti distinti, che per sensibilità piú rozze sono mere sottigliezze intellettuali. L'espressione musicale è solo una sottigliezza astratta per chi non abbia orecchio; per l'intenditore invece è una diretta apprensione sensibile. Per esempio, se riuscissimo ad immaginarci qualche tipo di essere organico inferiore, che pure pensasse e conoscesse i nostri pensieri, esso si meraviglierebbe delle sottigliezze astratte in cui indulgiamo nel pensare a pietre e tegole e gocce di acqua e piante. Esso conoscerebbe solo sentimenti naturali vaghi ed indifferenziati, e riterrebbe che noi esageriamo nell'uso dei concetti astratti. Però, se tale essere organico potesse pensare, farebbe delle previsioni; e se fosse in grado di prevedere, ben presto percepirebbe per conto proprio.

In questi capitoli abbiamo indagato i fondamenti della filosofia della natura: ci fermiamo a questo punto in cui un oceano sconfinato di indagini si apre davanti a noi come problema.

Ammetto che la visione della natura da me sostenuta non è semplice. La natura vi appare come un sistema complesso i cui fattori riusciamo a discernere solo torbidamente. Ma, io domando, non è proprio questa la verità? Non dobbiamo diffidare della baldanzosa sicurezza con cui ogni età si vanta di avere finalmente trovati i concetti ultimi, che permettono di esprimere in formole tutto quanto accade? Il còmpito della scienza sta nel cercare le spiegazioni piú semplici dei fatti complessi; ma è facile cadere nell'errore di credere che i fatti stessi siano semplici, poiché la semplicità è la mèta della nostra ricerca. Il motto di ogni filosofo della natura dovrebbe essere: « Cerca la semplicità e diffida di essa ».

VIII. Sommario

Per generale consenso le ricerche di Einstein hanno un merito fondamentale, prescindendo da ogni critica che ci sentissimo di poter loro rivolgere: ci hanno fatto pensare. Ma, quando abbiamo ammesso questo, la maggior parte di noi si trova davanti ad una perplessità imbarazzante: che cosa ne dobbiamo pensare? Mi propongo in questo capitolo di affrontare questa difficoltà e, per quanto ne sono capace, di mettere in luce i mutamenti nelle basi del nostro pensiero scientifico a cui ci costringe l'accettazione, comunque qualificata, di alcune posizioni di Einstein. So di rivolgermi ai membri di una società chimica, per lo piú non versati nelle matematiche superiori. Il primo punto di cui voglio convincervi è che quanto vi riguarda immediatamente non sono tanto le deduzioni particolari della nuova teoria, quanto questo mutamento generale nelle basi della concezione scientifica, implicato dall'accettazione di essa. Naturalmente le deduzioni particolari sono importanti, poiché potremmo abbandonare tutta quanta la teoria se i nostri colleghi astronomi e fisici non trovassero che tali predizioni si verificano di fatto. Ma possiamo ormai ritenere per certo che in molti particolari decisivi le deduzioni della teoria si sono trovate in accordo con l'osservazione. Quindi, la teoria è stata presa sul serio e siamo ansiosi di sapere quali saranno le conseguenze della sua accettazione finale. Inoltre, nelle ultime settimane, le riviste scientifiche e la stampa si sono riempite di articoli sulla natura degli esperi-

menti cruciali fattine e su qualcuna delle espressioni piú sorprendenti dei risultati della nuova teoria. « Lo spazio è curvo » apparve nella testata di un ben noto giornale della sera. Questa versione è una traduzione elegante e non traditrice del modo tenuto da Einstein stesso nell'interpretare i propri risultati. Dirò subito che riguardo a questa spiegazione io sono un eretico, e che ve ne presenterò una molto diversa, basata su riflessioni mie proprie; una spiegazione che mi pare accordarsi meglio coi nostri concetti scientifici e con l'intero corpo di fatti che dobbiamo spiegare. Dobbiamo ricordare che una teoria nuova deve tener conto dei fatti vecchi già ben provati dalla scienza oltre che degli ultimi risultati sperimentali, che hanno condotto alla produzione di essa.

Per metterci in condizione di assimilare e di criticare qualunque cambiamento nella concezione scientifica fondamentale, dobbiamo cominciare da principio. Quindi dovete scusarmi se comincio col fare alcune osservazioni semplici ed ovvie. Osserviamo queste tre affermazioni: 1) « Ieri un uomo venne investito sulla banchina di Chelsea »; 2) « L'obelisco di Cleopatra è sulla banchina di Charing Cross »; 3) « Nello spettro solare ci sono delle linee nere ». La prima affermazione, riguardo all'incidente accaduto ad una persona, tratta di ciò che possiamo dire un « caso », un « avvenimento », un « evento ». Per brevità userò il termine « evento ». Per specificare un evento osservato sono necessari il luogo, il tempo , ed il carattere dell'evento. Nello specificare il luogo ed il tempo si stabiliscono le relazioni dell'evento considerato rispetto alla struttura generale di altri eventi osservati. Per esempio, l'uomo fu investito fra il pranzo e la cena, in prossimità di una barca di passaggio nel fiume e del traffico stradale. Quanto mi preme rilevare è questo: la natura ci è nota nelle nostre esperienze come un complesso di eventi in divenire. In questo complesso noi discerniamo relazioni reciproche ben definite fra gli eventi componenti, che possiamo chiamare le loro relative posizioni, ed esprimiamo queste posizioni parte in termini spaziali e parte in termini temporali.

Inoltre, in aggiunta alla sua posizione meramente relativa agli altri eventi, ogni evento particolare possiede un proprio carattere peculiare. In altri termini, la natura è una struttura di eventi ed ogni evento ha una propria posizione in questa struttura ed il proprio carattere o qualità.

Esaminiamo ora le altre due affermazioni alla luce di questo principio generale. Prendiamo la seconda: « L'obelisco di Cleopatra è sulla banchina di Charing Cross ». A prima vista, difficilmente lo diremmo un evento. Pare vi manchi l'elemento tempo, o la transitorietà. Ma è proprio cosí? Se un angelo avesse fatto tale affermazione qualche centinaia di milioni di anni fa, la Terra non esisteva; venti milioni di anni fa, non c'era il Tamigi; ottanta anni fa, non c'era alcuna banchina lungo il Tamigi; e quando io ero ragazzo non c'era l'obelisco di Cleopatra. Ed anche ora che c'è, nessuno di noi si aspetta che duri in eterno. La staticità atemporale nella relazione dell'obelisco di Cleopatra alla banchina è una pura illusione, generata dal fatto che per i nostri scopi quotidiani non è necessario rilevarla. Quanto ne risulta è questo: nella struttura degli eventi, che costituiscono il mezzo in cui si svolge la vita giornaliera di Londra, sappiamo come identificare un certo flusso di eventi, che conservano un carattere permanente, ossia il carattere di costituire le situazioni dell'obelisco di Cleopatra. Giorno per giorno ed ora per ora ritroviamo un certo spessore nella vita transitoria della natura, e di quello spessore diciamo: « Ecco l'obelisco di Cleopatra ». Definendolo in un modo abbastanza astratto, potremmo dire che esso non muta mai. Ma un fisico, che considera quella porzione di vita della natura come una danza di elettroni, vi dirà che giornalmente esso perde qualche molecola e ne aggrega altre, ed anche l'uomo della strada può osservare che diventa sporco e che talvolta viene lavato. Quindi, la questione del mutamento dell'obelisco è una mera questione di definizione. Quanto piú astratta la definizione, tanto piú stabile l'obelisco. Ma, sia che l'obelisco muti o si conservi identico, noi tutti, dicendo che è situato sulla banchina di Charing

Cross, vogliamo dire che fra la struttura degli eventi conosciamo un certo flusso continuo e limitato di eventi, tale che ogni spessore di quel flusso, durante un'ora, o un giorno, o un secondo, possiede il carattere di essere la situazione dell'obelisco di Cleopatra.

Infine, veniamo alla terza affermazione: «Nello spettro solare vi sono delle linee nere». È questa una legge di natura, ma che cosa significa? Semplicemente questo: se un evento qualunque possiede il carattere di presentare lo spettro solare, sotto certe determinate condizioni, avrà pure il carattere di presentare delle linee nere in quello spettro.

Questa lunga chiacchierata ci porta finalmente alla conclusione che i fatti concreti di natura sono eventi che presentano una certa struttura nelle loro mutue relazioni e certi caratteri loro propri. Lo scopo della scienza sta nel determinare le relazioni fra i loro caratteri, tramite le mutue relazioni strutturali fra gli eventi cosí caratterizzati. Le mutue relazioni strutturali fra gli eventi sono spaziali e temporali. Se le considerate semplicemente spaziali, omettete l'elemento temporale; e se le considerate semplicemente temporali, omettete l'elemento spaziale. Quindi, quando pensate al solo spazio o al solo tempo, avete da fare con astrazioni, ossia trascurate un elemento essenziale nella vita della natura, a voi noto nell'esperienza dei vostri sensi. Inoltre, vi sono diversi modi per ottenere queste astrazioni che pensiamo come spazio e come tempo; in date circostanze seguiamo un modo ed in altre un altro. Quindi, non v'è alcun paradosso nel sostenere che quel che intendiamo per spazio in una serie di circostanze non è quel che intendiamo per spazio in un'altra serie di circostanze. E le stesse osservazioni valgono per il tempo. Dicendo che lo spazio ed il tempo sono astrazioni, non voglio dire che non esprimano per noi fatti reali della natura. Intendo invece dire che non ci sono fatti spaziali o temporali indipendenti dalla natura fisica, ossia che spazio e tempo sono meramente modi di esprimere certe verità riguardo alle relazioni fra gli eventi. Ed inoltre che in circostanze diverse vi sono serie di-

BIBLIOTECA

verse di verità circa l'universo, che ci sono naturalmente presentate come affermazioni sullo spazio. In tal caso, quel che si intende per spazio in una data serie di circostanze, sarà differente da quello che si intende in un'altra serie di circostanze. Di conseguenza, quando paragoniamo due osservazioni fatte in circostanze diverse, dobbiamo chiederci se i due osservatori intendevano la stessa cosa per spazio e la stessa per tempo. La moderna teoria della relatività è nata a causa di certe perplessità sulla concordanza di certe osservazioni delicate, quali il moto della Terra nell'etere, il perielio di Mercurio e le posizioni delle stelle in vicinanza del Sole, questioni che sono state risolte accettando questo significato puramente relativo dello spazio e del tempo.

Devo ora richiamare la vostra attenzione sull'obelisco di Cleopatra, con cui non ho ancora finito. Mentre passeggiate lungo la banchina, improvvisamente alzate gli occhi e dite: « Guarda, ecco l'obelisco! » In altre parole, lo riconoscete. Non potete invece riconoscere un evento, perché, quando è passato, è passato. Potete osservare un altro evento di carattere analogo, ma l'attuale spessore della vita è inseparabile dal suo accadimento unico. Si può però riconoscere il carattere di un evento. Tutti quanti sappiamo che, se ci rechiamo sulla banchina presso Charing Cross, osserveremo un evento avente il carattere che riconosciamo come l'obelisco di Cleopatra. Le cose che riconosciamo in questo modo le chiamo oggetti. Un oggetto è situato in quegli eventi o in quella corrente di eventi di cui esso esprime il carattere. Vi sono diverse specie di oggetti. Per esempio, il color verde, in base alla definizione data sopra, è un oggetto. Il còmpito della scienza consiste nel segnare le leggi che governano l'apparire degli oggetti nei vari eventi in cui si trovano situati. A questo scopo ci interessano principalmente due tipi di oggetti, che chiamerò oggetti fisici ed oggetti scientifici. Un oggetto fisico è un'ordinaria porzione di materia, per esempio, l'obelisco di Cleopatra. È questo un tipo di oggetto assai piú complicato che un mero colore, ad esempio, il colore dell'obe-

lisco. Questi oggetti semplici, come i colori ed i suoni, li dico oggetti del senso. Un artista sarà portato a prestare maggior attenzione agli oggetti del senso, mentre le persone ordinarie si attengono normalmente agli oggetti materiali. Cosí, se state passeggiando con un artista, quando dite: « Ecco l'obelisco di Cleopatra! », forse egli esclamerà contemporaneamente: « Ecco un bel colore! » Eppure, ambedue avete espresso il vostro riconoscimento dei differenti caratteri componenti dello stesso evento. Ma nella scienza abbiamo trovato che quando conosciamo tutto circa le avventure fra gli eventi degli oggetti fisici e degli oggetti scientifici, possediamo il massimo di informazioni degne di rilievo, che ci permetteranno di predire in quali condizioni percepiremo gli oggetti del senso di una situazione specifica. Per esempio, quando conosciamo che vi è un caminetto acceso (ossia oggetti materiali e scientifici incorrenti in varie eccitanti avventure fra gli eventi) e dirimpetto ad esso uno specchio (ossia un altro oggetto materiale) e le posizioni del viso e degli occhi di un uomo che guarda nello specchio, sappiamo che egli può percepire il rosso delle fiamme situate in un evento dietro lo specchio; quindi, in senso lato, l'apparizione degli oggetti del senso è condizionata dalle avventure degli oggetti materiali. L'analisi di queste avventure ci rende consci di un altro carattere degli eventi, ossia del loro carattere di campo dell'attività che determina gli eventi successivi in cui essi trapasseranno tramite gli oggetti situati in essi. Noi esprimiamo questi campi di attività in termini di forze ed attrazioni gravitazionali, elettromagnetiche o chimiche. Ma l'espressione esatta della natura di questi campi di attività forza il nostro intelletto ad ammettere un tipo meno ovvio di oggetti situati negli eventi. Intendo dire le molecole e gli elettroni. Questi oggetti non vengono riconosciuti isolatamente. Non possiamo non accorgerci dell'obelisco di Cleopatra, se ci troviamo nei suoi paraggi, ma nessuno ha visto finora una singola molecola od un singolo elettrone, eppure i caratteri degli eventi si possono spiegare solo esprimendoli in termini di questi oggetti scientifici. Indubbiamente le molecole e gli elettroni sono

astrazioni; ma allora tale è anche l'obelisco di Cleopatra. I fatti concreti sono gli stessi eventi. Ho già spiegato che essere una astrazione non significa per un ente non esser nulla. Significa semplicemente che la sua esistenza è solo un fattore di un piú concreto elemento della natura. Cosí un elettrone è astratto, perché non si può toglier via l'intera struttura degli eventi e tuttavia conservare l'esistenza dell'elettrone. Nello stesso modo è astratta la smorfia del gatto; e la molecola è realmente nell'evento nello stesso senso della smorfia sul muso del gatto. Ora le scienze riguardanti gli elementi ultimi, come la chimica e la fisica, non possono esprimere le proprie leggi in termini di oggetti cosí vaghi, quali il Sole, la Terra, l'obelisco di Cleopatra, o un corpo umano. Tali oggetti appartengono piú propriamente all'astronomia, alla geologia, all'ingegneria, all'archeologia, o alla biologia. La chimica e la fisica ne trattano solo in quanto essi offrono complessi statistici degli effetti delle loro leggi piú peculiari. In un certo senso, essi entrano nella chimica e nella fisica come applicazioni tecniche. La ragione ne è che sono troppo vaghi. Dove comincia e dove finisce l'obelisco di Cleopatra? La polvere ne fa parte? Diventa un differente oggetto quando perde una molecola o quando la sua superficie entra in combinazione chimica con l'acido contenuto nella nebbia londinese? La definitezza e stabilità dell'obelisco non è nulla a paragone dell'eventuale costante definitezza di una molecola concepita dalla scienza, e la costante definitezza di una molecola cede a sua volta a quella di un elettrone. Quindi, la scienza nella formulazione finale delle proprie leggi ricerca oggetti che possiedano la piú definita e stabile semplicità di carattere, e con essi esprime le sue leggi ultime.

Ancora, quando cerchiamo di esprimere in modo definitivo le relazioni degli eventi risultanti dalla loro struttura spazio-temporale, tendiamo alla semplicità diminuendo progressivamente l'estensione (tanto temporale che spaziale) degli eventi considerati. Per esempio, l'evento, che costituisce la vita della porzione di natura consistente nell'obelisco di Cleopatra durante

un minuto, possiede una relazione spazio-temporale molto complessa rispetto alla vita della natura di una barca che transita durante lo stesso minuto. Ma supponiamo di diminuire progressivamente il tempo considerato ad un secondo, ad un decimo di secondo, ad un millesimo di secondo, e cosí via. Come percorriamo tale serie, ci approssimiamo ad una semplicità ideale di relazioni strutturali della coppia di eventi successivamente considerati; e questo ideale lo diciamo le relazioni spaziali dell'obelisco con la barca in un istante. Cosí raggiungiamo finalmente l'ideale di un evento tanto ristretto di estensione da non avere estensione o nello spazio o nel tempo. Un evento del genere è un punto meramente spaziale di una durata istantanea. Un siffatto evento ideale io lo chiamo «evento puntiforme». Non dovete pensare che il mondo sia costruito di eventi puntiformi: ciò significherebbe mettere il carro avanti ai buoi. Il mondo che noi conosciamo è una corrente continua di accadimenti, che possiamo discriminare in eventi finiti, che col loro sovrapporsi, comprendersi e separarsi formano una struttura spazio-temporale. Possiamo esprimere le proprietà di questa struttura nei termini dei limiti ideali alle vie di approssimazione, da me denominati eventi puntiformi. Di conseguenza, gli eventi puntiformi sono astrazioni nelle loro relazioni con gli eventi piú concreti; ma vi sarete ormai resi conto che non si può analizzare la natura concreta senza astrarre. Quindi, ripeto, le astrazioni della scienza sono entità che esistono veramente in natura, sebbene non conservino piú alcun significato se isolate dalla natura.

Il carattere della struttura spazio-temporale degli eventi si può esprimere completamente in termini di relazioni fra questi piú astratti eventi puntiformi. Il vantaggio di avere a che fare con gli eventi puntiformi consiste nel fatto che, sebbene siano astratti e complessi rispetto agli eventi finiti direttamente osservati, sono piú semplici degli eventi finiti rispetto alle loro relazioni reciproche. Di conseguenza esprimono per noi l'esigenza di una precisione ideale e di una semplicità ideale nell'esposi-

zione delle relazioni. Questi eventi puntiformi sono gli elementi ultimi della varietà quadrimensionale, presupposto dalla teoria della relatività. Avrete notato che ogni evento puntiforme è tanto un istante del tempo quanto un punto dello spazio; onde io l'ho chiamato uno « sprazzo di punto » istantaneo. Quindi nella struttura di questa varietà spazio-temporale lo spazio non si distingue dal tempo, e rimane aperta la possibilità di modi diversi di discriminazione secondo le posizioni diverse degli osservatori. Appunto questa possibilità segna la differenza fondamentale fra il nuovo modo di concepire l'universo e l'antico. Il segreto per comprendere la relatività sta nel comprendere questo punto. Non serve a nulla avventurarsi in paradossi pittoreschi, quali « lo spazio è curvo », se non avete afferrato bene questo concetto fondamentale, che sta a fondamento di tutta la teoria, intendo dire che a mio parere dovrebbe starci, sebbene possa ammettere qualche dubbio sul fatto che tutte le esposizioni della teoria ne abbiano realmente compreso le implicazioni e le premesse.

Le nostre misurazioni, quando sono espresse in termini di una precisione ideale, esprimono le proprietà della varietà spazio-temporale. Ma vi sono misurazioni di diverso genere: si possono misurare lunghezze, angoli, aree, volumi o tempi. Vi sono inoltre altre specie di misure, quali le misurazioni dell'intensità di illuminazione, ma per il momento trascurerò queste specie e restringerò la mia attenzione a quelle misurazioni che particolarmente ci interessano in quanto misure dello spazio e del tempo. È facile vedere che, per determinare la posizione di un evento puntiforme nella varietà spazio-temporale nelle sue relazioni col rimanente della varietà, sono necessarie quattro misure dei suoi caratteri propri. Per esempio, in un campo rettangolare voi partite da un angolo ad un dato tempo e misurate una distanza definita lungo un lato, quindi piegate nel campo ad angolo retto e poi misurate una definita distanza parallela all'altra coppia di lati, infine salite verticalmente ad una

altezza definita e prendete il tempo. Al punto e nel momento cosí raggiunto si attua un definito « sprazzo di punto » istantaneo di natura. In altre parole, le vostre quattro misurazioni hanno determinato un evento puntiforme appartenente alla varietà spazio-temporale quadrimensionale. Queste misurazioni sono sembrate molto semplici all'agrimensore e nella sua mente non hanno sollevato difficoltà alcuna. Ma supponiamo che su Marte ci siano esseri abbastanza progrediti nell'invenzione scientifica da seguire nei particolari le operazioni di questa misurazione fatta sulla Terra. Supponiamo che essi costruiscono le operazioni degli agrimensori inglesi, riferendosi allo spazio naturale per un Marziano, ossia ad uno spazio che abbia il proprio centro in Marte. Relativamente a Marte la Terra si muove e ruota. Per i Marziani le operazioni, costruite in questo modo, richiedono misurazioni della piú alta complicazione. Inoltre, secondo la dottrina relativistica, le operazioni di misurazione temporale eseguite sulla terra non corrisponderanno mai perfettamente alle misurazioni eseguite su Marte.

Ho presentato questo esempio per farvi comprendere che, nel pensare le possibilità di misura nella varietà spazio-temporale, non dobbiamo limitarci semplicemente a quelle variazioni minori che potrebbero sembrare naturali per gli esseri umani terrestri. Possiamo perciò porre il principio generale che si possono trovare quattro misure, rispettivamente di tipo indipendente (ad esempio, tre misure di lunghezza in tre direzioni e una di tempo), tali che determinino un evento puntiforme definito nelle sue relazioni ad altre parti della varietà.

Sia (p_1, p_2, p_3, p_4) una serie di misurazioni di questo sistema, allora si dirà che l'evento puntiforme cosí determinato ha p_1, p_2, p_3, p_4 come proprie coordinate in questo sistema di misura. Supponiamo di indicare con p tale sistema. Allora nel medesimo sistema p si può indicare, usando le relative variabili (p_1, p_2, p_3, p_4), ogni evento puntiforme che sia stato o sarà o è attualmente. Inoltre, in base al sistema di misura che ci è natu-

rale, tre delle coordinate rappresenteranno le misure spaziali, e l'altra sarà la misura del tempo. Poniamo che la misura del tempo sia rappresentata sempre dall'ultima coordinata. Allora diremo naturalmente che (p_1, p_2, p_3) hanno determinato un punto nello spazio e che l'evento puntiforme è accaduto in quel punto nel tempo p_4. Ma non dobbiamo commettere l'errore di credere che esista uno spazio oltre alla varietà spazio-temporale. Tale varietà è tutto quanto abbiamo a disposizione per determinare il significato dello spazio e del tempo. Siamo pervenuti a determinare il significato di un punto spaziale in termini di evento puntiforme della varietà quadrimensionale. C'è un solo modo di giungervi. Osservate che, se variamo il tempo e con le medesime tre coordinate spaziali indichiamo dei tempi, allora gli eventi puntiformi risultano tutti allo stesso punto. Ma, considerando che non c'è altro tranne gli eventi puntiformi, ciò può solo significare che il punto (p_1, p_2, p_3) dello spazio nel sistema p è semplicemente la riunione di $(p_1, p_2, p_3, [p_4])$, dove p_4 è variabile e (p_1, p_2, p_3) sono considerati fissi. È piuttosto sconcertante trovare che un punto nello spazio non è un'entità semplice; ma tale conclusione deriva immediatamente dalla teoria relativistica dello spazio.

Inoltre, gli abitanti di Marte determinano gli eventi puntiformi con un altro sistema di misura, che diremo q. In base al quale (q_1, q_2, q_3, q_4) essi determinano un evento puntiforme, e (q_1, q_2, q_3) determinano un punto e q_4 un tempo. Ma la riunione di eventi puntiformi che il Marziano pensa come punto è interamente differente da qualunque riunione del genere che rappresenti un punto per l'abitante della Terra. Quindi, lo spazio q per l'uomo di Marte è totalmente differente dallo spazio p dell'agrimensore terrestre.

Finora riguardo allo spazio abbiamo parlato dello spazio atemporale della fisica, ossia del nostro concetto di uno spazio eterno in cui si svolgono le avventure del mondo. Ma lo spazio che vediamo nel guardarci intorno è uno spazio istantaneo; e quindi, se le nostre percezioni naturali sono accordabili col si-

stema di misura p, vediamo istantaneamente tutti gli eventi puntiformi in un tempo definito p_4, ed osserviamo una successione di tali spazi col muoversi del tempo. Lo spazio atemporale si ottiene infilando insieme tutti questi spazi istantanei. I punti di uno spazio istantaneo sono eventi puntiformi ed i punti di di uno spazio eterno sono filze di eventi puntiformi disposte in successione. Ma il Marziano non percepirà mai gli stessi spazi istantanei dell'abitante della Terra. Il suo sistema di spazi istantanei attraverserà il sistema dell'abitante della Terra. Per quest'ultimo c'è un unico spazio istantaneo, cioè il presente istantaneo, e ci sono gli spazi passati e quelli futuri. Ma lo spazio presente del Marziano attraversa lo spazio presente dell'abitante della Terra, cosicché gli eventi puntiformi che l'abitante della Terra ritiene presenti attualmente, il Marziano alcuni li giudica già passati, altri futuri, e altri appartenenti al presente immediato. Questo venir meno della semplicità del concetto tradizionale di passato, presente e futuro è un grave paradosso. Gli eventi puntiformi, che appartengono allo stesso spazio istantaneo di sistemi di misura diversi, li dico «compresenti». È quindi possibile che A e B siano compresenti, ed altrettanto A e C, ma che non lo siano B e C. Per esempio, a qualche enorme distanza da noi ci sono eventi compresenti ora con noi ed altresí con la nascita della regina Vittoria. Se A e B sono compresenti, ci saranno sistemi nei quali A precede B ed altri sistemi in cui B precede A. Quindi non si potrà dare alcuna velocità abbastanza grande per trasportare una particella materiale da A in B o da B in A. Questi differenti sistemi di misura con le loro divergenze nel calcolo del tempo sono imbarazzanti, ed urtano in parte il comune buon senso. Non rappresentano certo il modo consueto di concepire l'universo. Noi pensiamo ad un unico sistema temporale necessario e ad un unico spazio necessario. Secondo la nuova teoria, esiste un numero indefinito di serie temporali discordanti ed un numero indefinito di spazi distinti. Una qualche coppia associata, un sistema temporale ed un sistema spaziale, ci offre quanto occorre per formare la nostra

concezione dell'universo. Ne risulta che, sotto date condizioni, le nostre misure sono necessariamente fondate su una di queste coppie, che costituisce il nostro sistema naturale di misura. La difficoltà riguardo ai sistemi temporali discordanti si risolve in parte col distinguere fra quanto io chiamo lo slancio creativo della natura, che propriamente non è per nulla seriale, e una qualunque serie temporale. Di solito confondiamo insieme questo slancio vitale, che sperimentiamo e conosciamo come perpetua tendenza della natura verso il nuovo, con la singola serie temporale, che impieghiamo naturalmente per le nostre misurazioni. Ciascuna delle varie serie temporali misura qualche aspetto dello slancio creativo, ed il loro insieme esprime tutte le proprietà misurabili di questo slancio. La ragione per cui non abbiamo rilevato prima questa differenza delle serie temporali dipende dalla piccolissima differenza di proprietà fra due qualunque di queste serie. I fenomeni osservabili dovuti a questa causa dipendono dal quadrato del rapporto di qualunque velocità entrata nel campo della nostra osservazione rispetto alla velocità della luce. Ora la luce impiega circa cinquanta minuti a percorrere l'orbita terrestre, mentre la Terra impiega quasi piú di 17.531 mezz'ore per compiere lo stesso percorso. Quindi, tutti gli effetti dovuti a questo moto sono dell'ordine del rapporto di uno al quadrato di 10.000. Di conseguenza, un abitante della Terra ed un abitante del Sole differiscono solo negli effetti le cui grandezze quantitative contengono il fattore $1/10^8$. Evidentemente tali effetti si possono solo notare per mezzo di osservazioni di precisione estrema. Comunque, sono stati osservati. Supponiamo di paragonare due osservazioni della velocità della luce eseguite con lo stesso apparecchio spostato di 90 gradi. La velocità della Terra relativa al Sole si attua in una direzione, mentre la velocità della luce relativa all'etere dovrebbe essere la stessa per qualunque direzione. Quindi, se lo spazio, considerando l'etere in quiete, significa la stessa cosa dello spazio considerato rispetto alla Terra in quiete, dovremo trovare che la velocità

della luce varia relativamente alla Terra a seconda della direzione da cui proviene.

Queste osservazioni sulla Terra costituiscono il principio base dei famosi esperimenti proposti per scoprire la velocità della Terra attraverso l'etere. Tutti quanti sapete che, contrariamente ad ogni aspettativa, i risultati furono nulli. Ciò si spiega perfettamente col fatto che il sistema spaziale ed il sistema temporale da noi usati sono per certi aspetti minimi differenti dallo spazio e dal tempo relativi al sole o relativi a qualunque altro corpo, rispetto al quale il nostro sia in movimento.

Tutta questa discussione sulla natura del tempo e dello spazio ha suscitato al nostro orizzonte una grave difficoltà, che tocca la formulazione delle leggi ultime della fisica: per esempio, le leggi del campo elettromagnetico e la legge di gravitazione. Consideriamo come esempio la legge di gravitazione. La sua formulazione è la seguente: due corpi materiali si attraggono reciprocamente con una forza proporzionale al prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza. In questa formola i corpi si suppongono piccoli abbastanza per essere trattati come particelle materiali in relazione alla loro distanza; e non c'è bisogno di preoccuparsi di questa difficoltà di second'ordine. La difficoltà invece su cui desidero richiamare la vostra attenzione è questa: nella formulazione della legge si presuppongono un tempo ed uno spazio definito. Si ammette che le due masse siano in posizioni simultanee.

Ma quanto risulta simultaneo in un sistema temporale può non essere tale in un altro sistema temporale. Cosí in relazione alle nostre nuove concezioni la legge non è formulata in modo da avere sotto questo rispetto alcun significato esatto. Inoltre una difficoltà analoga nasce riguardo al problema della distanza. La distanza fra due posizioni istantanee, cioè fra due eventi puntiformi, è differente in differenti sistemi temporali. Quale spazio si deve scegliere? Anche qui la legge manca di precisione, se si accetta la teoria della relatività. Il nostro problema consiste nel cercare una nuova formulazione della legge di gravità,

in cui queste difficoltà vengano superate. In primo luogo, dobbiamo rinunciare alle astrazioni dello spazio e del tempo nel formulare le nostre idee fondamentali e ricorrere ai fatti ultimi della natura, ossia agli eventi. E per raggiungere la semplicità ideale nelle espressioni delle relazioni fra gli eventi, ci limiteremo agli eventi puntiformi. Cosí la vita di una particella materiale è la sua avventura in una serie di eventi puntiformi succedentisi in una serie continua nella varietà spazio-temporale quadridimensionale. Questi eventi puntiformi sono le varie situazioni della particella materiale. Di solito esprimiamo questo fatto riferendoci al nostro sistema spazio-temporale naturale e parlando della linea oraria nello spazio della particella materiale come se esistesse in istanti di tempo successivi.

Dobbiamo domandarci che cosa sono le leggi di natura che portano la particella materiale a scegliere proprio questa linea oraria fra gli eventi puntiformi anziché un'altra. Pensate la linea oraria come un tutto. Quale caratteristica possiede quella linea che non avrebbe nulla da spartire con nessun'altra linea oraria sia pur leggermente diversa? Quanto si richiede è qualcosa di piú di una legge di gravità: abbiamo bisogno delle leggi del moto e di un'idea generale del modo di formulare gli effetti delle forze fisiche.

Per rispondere al nostro problema, mettiamo da parte l'idea della attrazione delle masse e concentriamo la nostra attenzione sul campo di attività degli eventi in vicinanza della linea oraria. Cosí facendo, agiamo in piena conformità con la tradizione scientifica dell'ultimo secolo, che ha sempre piú concentrato la propria attenzione sul campo delle forze quali agenti immediati della direzione del moto, escludendo invece la considerazione delle mutue influenze immediate fra due corpi distanti. Dobbiamo ora trovare il modo di esprimere il campo di attività degli eventi in vicinanza di qualche evento puntiforme definito E della varietà quadridimensionale. Introduco un concetto fisico fondamentale che chiamo «tendenza» per indicare questo campo fisico. L'evento puntiforme E è in relazione con ogni evento

puntiforme confinante P per mezzo di un elemento della tendenza. L'insieme di tutti gli elementi della tendenza, che collega E all'insieme di eventi puntiformi in vicinanza di E, esprime il carattere del campo di attività in vicinanza di E. Io dissento da Einstein, in quanto egli concepisce questa quantità, che dico tendenza, come esprimente semplicemente i caratteri dello spazio e del tempo che si devono adottare, e cosí finisce per dire che il campo gravitazionale esprime una curva nella varietà spazio-temporale. Non riesco ad attribuire alcun significato chiaro alla sua interpretazione dello spazio e del tempo. Le mie formule differiscono appena dalle sue, per quanto concordino in quelle istanze nelle quali i suoi risultati sono stati verificati. Non ho bisogno di dire che in questo particolare della formulazione della legge gravitazionale ho seguito il metodo generale di procedimento, che costituisce la sua grande scoperta.

Einstein indicò come esprimere i caratteri dell'insieme di elementi della tendenza del campo ambientale di un evento puntiforme E per mezzo di dieci quantità che indicherò con F_{11}, F_{12} $(=F_{21})$, F_{22}, F_{23} $(=F_{32})$, ecc. Si osserverà che vi sono quattro misure spazio-temporali colleganti E al suo vicino P, e che si hanno dieci coppie di tali misure se dobbiamo assumere due volte ognuna delle misure per formare una di tali coppie. Le dieci funzioni F dipendono meramente dalla posizione di E nella varietà quadridimensionale, e l'elemento di tendenza fra E e P si può esprimere tramite le dieci funzioni F e le dieci coppie delle quattro misure spazio-temporali colleganti E e P. I valori numerici delle dieci funzioni F dipenderanno dal sistema di misurazione adottato, ma sono cosí adatte ad ogni sistema particolare che si ottiene lo stesso valore per l'elemento di tendenza fra E e P, qualunque sia il sistema di misurazione adottato. Questo fatto si esprime dicendo che le dieci funzioni F formano un « tensore ». Non è esagerato dire che l'annuncio che i fisici avrebbero dovuto d'ora in poi studiare la teoria dei tensori provocò un reale panico fra di essi, quando si annunziò per la prima volta la verifica delle predizioni di Einstein.

Le dieci funzioni F di un evento puntiforme E si possono esprimere in termini di due funzioni che io chiamo il potenziale ed il « potenziale associato » di E. In pratica il potenziale è quanto si indica ordinariamente col potenziale di gravitazione, se ci esprimiamo in termini di spazio euclideo, rispetto al quale la massa attraente risulta in quiete. Il potenziale associato si definisce sostituendo nella definizione di potenziale la distanza all'inverso della distanza, e si può calcolare facilmente deducendolo dalla misura del vecchio potenziale. Quindi il calcolo delle funzioni F — i coefficienti della tendenza secondo la mia terminologia — non implica nessuna rivoluzione nelle nozioni matematiche dei fisici.

Ritorniamo ora alla linea oraria della particella attratta. Sommando tutti gli elementi della tendenza nell'intera linea oraria otteniamo ciò che io chiamo « tendenza integrale ». La caratteristica della linea oraria attuale, paragonata con le altre linee orarie vicine, consiste in questo: che in essa la tendenza integrale non cresce né diminuisce se la particella salta da essa in una diversa linea oraria enormemente vicina. I matematici esprimerebbero questa proprietà col dire che la tendenza integrale è stazionaria per spostamenti infinitesimi. In questa trattazione della legge del moto non ho tenuto conto dell'esistenza di altre forze, poiché ciò mi porterebbe troppo fuori campo.

La teoria elettromagnetica va modificata in modo da tenere conto della presenza di un campo gravitazionale. Cosí le ricerche di Einstein portano alla prima scoperta di una qualche relazione fra la gravità e gli altri fenomeni fisici. Nella forma modificata da me proposta, il principio fondamentale di Einstein, riguardo il moto della luce lungo i suoi raggi, viene dedotto come una prima approssimazione, assolutamente vera per onde infinitamente brevi. Il principio di Einstein, parzialmente cosí verificato, dice con la mia terminologia che un raggio di luce segue sempre una linea oraria tale che lungo essa la tendenza integrale è uguale a zero. Il che implica che lungo ogni elemento della tendenza esso è uguale a zero.

Concludendo, devo fare le mie scuse. In primo luogo ho considerevolmente abbassato di tono le varie ed eccitanti peculiarità della teoria originale e l'ho riportata ad un maggior grado di conformità con la fisica antica. Non posso ammettere che i fenomeni fisici siano dovuti a stranezze dello spazio. Inoltre, per un senso di rispetto verso l'uditorio, ho ancora aggravata la noia propria di ogni conferenza. Forse avreste preferito un'esposizione di carattere piú popolare, illustrata da deliziosi paradossi; ma so anche che siete studiosi seri, venuti qui perché realmente desiderosi di conoscere in quale grado le nuove teorie possano influenzare le vostre ricerche scientifiche.

IX. I concetti ultimi della fisica

Il secondo capitolo di questo libro stabilisce il primo principio da tener presente nel dare forma alla nostra concezione fisica. Bisogna evitare le duplicazioni viziose. La natura non è altro che il dato stesso della sensazione; non esistono altri principî per dirci che cosa potrebbe stimolare lo spirito alla sensazione. Il nostro còmpito esclusivo sta nel presentare in un sistema unico i caratteri e le relazioni reciproche di tutto ciò che si osserva. Il nostro atteggiamento di fronte alla natura è puramente « behaviouristico », in quanto concerne la formulazione dei concetti fisici.

La nostra conoscenza della natura è un'esperienza di attività (o divenire). Le prime cose osservate sono enti attivi, gli « eventi ». Essi sono spessori nella vita della natura, e questi eventi posseggono relazioni reciproche che nella nostra conoscenza si differenziano in relazioni spaziali e relazioni temporali. Ma questa differenziazione fra spazio e tempo, sebbene inerente alla natura, è relativamente superficiale; e lo spazio ed il tempo sono ciascuno espressione parziale dell'unica relazione fondamentale fra gli eventi, la quale non è né spaziale, né temporale. Questa relazione, la chiamo « estensione ». La relazione di « estendersi sopra » è la relazione di « inclusione », o in senso temporale, o spaziale, o in ambedue. Ma la mera inclusione è piú fondamentale dell'una e dell'altra e non richiede alcuna differenziazione spazio-temporale. Rispetto all'estensione due

eventi sono mutuamente collegati per modo che: o 1) l'uno include l'altro, o 2) uno ricopre l'altro senza includerlo completamente, oppure 3) essi sono interamente separati. Ma bisogna procedere con grande attenzione nel definire su questa base gli elementi spaziali e temporali al fine di evitare sottintese limitazioni, dipendenti di fatto da relazioni e proprietà indefinite.

Tali errori si possono evitare tenendo conto di due elementi della nostra esperienza, ossia: 1) il « presente » dell'osservazione; 2) « l'evento percipiente ».

Il « presente » d'osservazione è ciò che io chiamo « durata »: è l'intera natura appresa nell'osservazione immediata. Essa possiede perciò la natura di un evento, ma possiede una completezza peculiare, che caratterizza le durate come un tipo speciale di eventi inerenti alla natura. Una durata non è istantanea. È tutto quanto è presente della natura entro certe limitazioni temporali. Per contraddistinguerla dagli altri eventi una durata si dirà infinita, mentre gli altri eventi sono finiti [1]. Nella conoscenza di una durata noi distinguiamo: 1) certi eventi inclusi, particolarmente distinti rispetto alla loro individualità peculiare; 2) i restanti eventi inclusi, noti solo in quanto necessariamente esistenti a causa delle loro relazioni con gli eventi osservati e con l'intera durata. La durata come un tutto è indicata da quella capacità di porre in relazione (rispetto all'estensione) posseduta dalla parte immediatamente sotto osservazione; ossia dal fatto che c'è necessariamente un al di là rispetto a tutto ciò che è osservato [2]. Intendo dire con questo che ogni evento viene conosciuto come relativo ad altri eventi, non inclusi in esso. Questo fatto, che ogni evento è conosciuto come possedente la qualità dell'esclusione, mostra che l'esclusione è una relazione positiva quanto l'inclusione. Naturalmente non esistono in natura relazioni meramente negative, e l'esclusione non è semplicemente la negazione dell'inclusione, sebbene le due relazioni siano con-

[1] Cfr. nota sulla « significazione » in fondo al volume.
[2] Cfr. cap. III, p. 48 e ss.

trarie. Ambedue le relazioni riguardano esclusivamente gli eventi, e l'esclusione si può definire logicamente in termini di inclusione.

Forse l'espressione piú ovvia della significazione si può trovare nella conoscenza dei caratteri geometrici degli eventi interni ad un oggetto materiale opaco. Per esempio, sappiamo che una sfera opaca possiede un centro. Questa conoscenza non ha nulla a che vedere con la materia: la sfera può essere una rigida palla da bigliardo o una elastica palla da tennis. Una conoscenza del genere è essenzialmente il prodotto della significazione, poiché il carattere generale degli eventi esterni osservati ci informa dell'esistenza di eventi entro la sfera e ce ne dà la struttura geometrica.

Alcune critiche rivolte all'altra mia opera *The Principles of Natural Knowledge* mostrano che riesce difficile concepire le durate come reali stratificazioni di natura. Credo che questa difficoltà dipenda dall'influenza inconscia del vizioso principio della duplicazione, radicato cosí profondamente nel pensiero filosofico moderno. Noi osserviamo la natura come estesa in un presente immediato, simultaneo ma non istantaneo, e perciò il tutto immediatamente osservato od espresso come un sistema completo di relazioni forma una stratificazione della natura, cioè un fatto fisico. Questa conclusione segue immediatamente, a meno che non si ammetta il principio della duplicità nella forma delle aggiunte fisiche, da me ripudiata.

« L'evento percipiente » è quell'evento incluso nel presente d'osservazione, che distinguiamo in quanto costituisce in un certo modo peculiare il punto di partenza per la nostra percezione. Volgarmente parlando, esso è l'evento costituito dalla nostra vita corporea entro la durata presente. La teoria della percezione svolta dalla psicologia medica si basa sulla significazione. La situazione di un oggetto percepito a distanza ci è nota solo in quanto significata dal nostro stato corporeo, cioè dal nostro evento percipiente. Infatti, la percezione richiede la sensazione delle significazioni del nostro evento percipiente insieme

alla sensazione di una relazione peculiare (situazione) fra certi oggetti e gli eventi cosí significati. Per questo fatto delle sue significazioni è escluso che il nostro evento percipiente sia il tutto di natura. Questo, appunto, significa dire che l'evento percipiente è il punto di partenza della percezione. Il corso di un raggio di luce solo indirettamente è connesso con la percezione: quanto percepiamo sono oggetti in relazione agli eventi significati dagli stati del nostro organismo eccitato dal raggio. Gli eventi significati (come nel caso dell'immagine vista dietro lo specchio) possono avere pochissimo a che fare col corso attuale del raggio. Nel corso dell'evoluzione sono sopravvissuti quegli animali, la cui sensibilità è concentrata su quelle significazioni dei loro stati organici importanti in media per il loro benessere. L'intero mondo degli eventi è significato, ma ve ne sono alcuni che esigono la pena della morte per disattenzione.

L'evento percipiente è sempre qui ed ora nella durata presente associata. Esso possiede quanto si potrebbe denominare una posizione assoluta in quella durata. Cosí una durata determinata è associata ad un determinato evento percipiente, e prendiamo atto cosí di una relazione peculiare che gli eventi finiti possono assumere rispetto alle durate. Questa relazione la dico « cogredienza ». La nozione di quiete deriva da quella di cogredienza, e la nozione di moto da quella di inclusione in una durata senza cogredienza con essa. Di fatto il moto è una relazione (di carattere variabile) fra un evento osservato ed una durata osservata, e la cogredienza ne è il carattere piú semplice, o una sottospecie del moto. Riassumendo, nel carattere generale di ogni osservazione della natura sono essenzialmente implicati una durata ed un evento percipiente, e l'evento percipiente è cogrediente con la durata.

La conoscenza dei caratteri peculiari dei differenti eventi dipende dal nostro potere di comparazione. All'azione di questo fattore nella nostra conoscenza do il nome di « riconoscimento » e alla coscienza sensibile richiesta per comparare quei caratteri il nome di « riconoscimento del senso ». Riconoscimento ed astra-

zione si implicano reciprocamente: ciascuno dei due presenta alla conoscenza un ente, che è qualcosa di meno del fatto concreto, ma rappresenta un fattore effettivo di questo fatto. Il fatto piú concreto suscettibile di osservazione separata è l'evento. Non si può astrarre senza riconoscere e non si può riconoscere senza astrarre. La percezione implica l'apprensione dell'evento e il riconoscimento dei fattori del suo carattere.

Le cose riconosciute sono ciò che chiamo gli « oggetti ». Nel senso generale di questo termine la relazione di estensione è anch'essa un oggetto. In pratica tuttavia limito l'uso di questo termine a quegli oggetti, che in un modo o nell'altro si può dire possiedano una situazione in un evento; ossia, nell'espressione « eccolo ancora », limito l'« ecco » ad indicare uno speciale evento che è la situazione dell'oggetto. Anche cosí vi sono diversi tipi di oggetti, ed affermazioni vere per gli oggetti di un dato tipo in genere non sono vere per gli oggetti di un altro tipo. Gli oggetti, di cui qui ci occupiamo nella formulazione delle leggi fisiche, sono oggetti materiali, come un pezzo di materia, le molecole e gli elettroni. Un oggetto di uno di questi tipi possiede relazioni con gli eventi diverse da quelle appartenenti alla corrente delle sue situazioni. Il fatto di queste situazioni entro la corrente determina in tutti gli altri eventi specifiche modificazioni dei loro caratteri. In realtà, l'oggetto si può concepire nella sua completezza come una serie specifica di modificazioni correlative dei caratteri di tutti gli eventi, con la proprietà che queste modificazioni pervengono a costituire una certa proprietà focale per quegli eventi che appartengono alla corrente delle sue situazioni. L'insieme totale delle modificazioni dei caratteri degli eventi, dovute all'esistenza di un oggetto in una corrente di situazioni, è quanto io denomino il « campo fisico » dell'oggetto. Ma in realtà l'oggetto non si può separare dal suo campo. Di fatto l'oggetto non è altro che la serie delle modificazioni del campo sistematicamente ordinata. La limitazione convenzionale dell'oggetto alla corrente focale degli eventi, in cui si dice che esso « è situato », è opportuna per certi scopi, ma travisa il fatto

ultimo di natura. Da questo punto di vista l'antitesi fra azione a distanza ed azione per trasmissione perde ogni significato. La concezione qui esposta non è altro che un modo diverso di esprimere la molteplicità irriducibile delle relazioni di un oggetto con gli eventi.

Un sistema temporale completo è formato da una qualunque famiglia di durate parallele. Due durate si dicono parallele se: 1) una include l'altra, oppure 2) se si sovrappongono in modo da includere una durata comune ad entrambe, o 3) se sono completamente separate. È escluso il caso di due durate sovrapponentisi per modo da includere entrambe un aggregato di eventi finiti, senza avere in comune un'altra completa durata. Il riconoscimento del fatto di un numero indefinito di famiglie di durate parallele è quanto differenzia il concetto di natura qui presentato dal piú antico concetto ortodosso del sistema temporale essenzialmente unico. La divergenza dal concetto della natura secondo Einstein verrà indicato brevemente piú avanti.

Gli spazi istantanei di un dato sistema temporale sono le durate ideali (inesistenti) di spessore temporale nullo, indicate da metodi di approssimazione lungo serie costituite dalle durate di una famiglia associata. Ognuno di tali spazi istantanei rappresenta l'ideale della natura in un istante ed è pure un momento del tempo. Quindi ogni sistema temporale possiede un aggregato di momenti esclusivamente suoi propri. Ogni evento puntiforme giace in uno e in uno solo dei momenti di un dato sistema temporale. Un evento puntiforme possiede tre caratteri [1]: 1) il carattere estrinseco, ossia un metodo definito di convergenza fra gli eventi; 2) il carattere intrinseco, ossia la qualità della natura peculiare nella sua vicinanza, cioè il carattere del campo fisico nella vicinanza; 3) la posizione.

La posizione di un evento puntiforme risulta dall'aggregato di momenti (di cui non ce ne siano due appartenenti alla stessa famiglia) in cui essa si trova. Noi fissiamo la nostra attenzione

[1] Cfr. cap. IV, p. 76 e sgg.

su uno di questi momenti, ottenuto per approssimazione con la brevità della durata della nostra esperienza immediata, e ne indichiamo la posizione come posizione in questo momento. Ma l'evento puntiforme riceve la propria posizione nel momento *M* in virtú dell'intero aggregato degli altri momenti *M'*, *M''*, ecc., nei quali anche si trova. La differenziazione di *M* in una geometria di eventi puntiformi (punti istantanei) esprime la differenziazione di *M* data dalle sue intersezioni coi momenti di altri sistemi temporali. Risulta cosí l'esistenza dei piani, delle rette e di eventi puntiformi medesimi. Cosí pure il parallelismo dei piani e delle rette risulta dal parallelismo dei momenti di uno ed identico sistema temporale intersecante *M*. In modo simile l'ordine dei piani paralleli e degli eventi puntiformi sulle linee rette risulta dall'ordine temporale di questi momenti intersecanti. Qui non ne do la deduzione[1]. È sufficiente indicare semplicemente le basi da cui la intera geometria attinge la propria spiegazione fisica.

La correlazione dei vari spazi momentanei di un sistema temporale si ottiene con la relazione di cogredienza. Evidentemente il moto in uno spazio istantaneo non ha senso. Il moto esprime una comparazione fra la posizione in uno spazio istantaneo e le posizioni in altri spazi istantanei dello stesso sistema temporale. La cogredienza offre il risultato piú semplice di tale comparazione, ossia la quiete.

Moto e quiete sono fatti osservati immediatamente. Sono relativi nel senso che dipendono dal sistema temporale, che è a fondamento dell'osservazione. Una collana di eventi puntiformi, la cui successiva occupazione significa quiete in un sistema temporale dato, forma un punto atemporale nello spazio atemporale di quel sistema temporale. In questo modo ogni sistema temporale possiede il proprio spazio atemporale permanente, peculiare ad esso soltanto, ed ogni spazio del genere è composto di punti atemporali che appartengono a quel sistema temporale ed a

[1] Cfr. *Principles*, ed i capp. precedenti di quest'opera.

nessun altro. I paradossi della relatività nascono dal trascurare il fatto che differenti assunzioni riguardo alla quiete implicano l'espressione dei fatti della fisica in termini di spazi e di tempi radicalmente differenti, nei quali punti e momenti posseggono significati differenti.

L'origine dell'ordine è già stata indicata, ed ora si è trovata quella della congruenza, come dipendente dal moto. Dalla cogredienza deriva la perpendicolarità; e dalla perpendicolarità in congiunzione con la simmetria reciproca fra le relazioni di due qualunque sistemi temporali risulta completamente definita la congruenza sia nel tempo che nello spazio.

Le formule risultanti sono quelle della teoria elettromagnetica della relatività o, come ora si dice, della relatività ristretta. Ma vi è questa differenza vitale: la velocità critica c, che entra in queste formule, non ha ormai piú alcuna connessione con la luce o con alcun altro fatto del campo fisico (in quanto distinto dalla struttura di estensione degli eventi). Essa indica semplicemente il fatto che la nostra determinazione di congruenza abbraccia tanto lo spazio quanto il tempo in un sistema universale unico, e perciò se si scelgono due unità arbitrarie, una per lo spazio e l'altra per il tempo, il loro rapporto sarà una velocità, che costituisce una proprietà fondamentale della natura, esprimente il fatto che tempo e spazio sono effettivamente comparabili.

Le proprietà fisiche della natura sono espresse in termini di oggetti materiali (elettroni, ecc.). Il carattere fisico di un evento risulta dal fatto che esso appartiene al campo dell'intero complesso di tali oggetti. Da un altro punto di vista possiamo dire che questi oggetti non sono altro che il nostro modo di esprimere la reciproca correlazione dei caratteri fisici degli eventi.

La misurabilità spazio-temporale della natura risulta: 1) dalla relazione di estensione fra gli eventi; 2) dal carattere stratificato della natura derivante da ciascuno dei diversi sistemi temporali; 3) dalla quiete e dal moto, in quanto presentati nelle relazioni degli eventi finiti coi sistemi temporali. Nessuna di queste fonti di misurazione dipende dai caratteri fisici degli eventi finiti of-

ferti dagli oggetti situati in essi eventi. Esse sono perfettamente determinabili per eventi di caratteri fisici sconosciuti. Quindi le misurazioni spazio-temporali sono indipendenti dai caratteri fisici degli oggetti. Inoltre il carattere della nostra conoscenza di un'intera durata, che deriva in essenza dalla significazione della parte contenuta nell'immediato campo di osservazione, ce la costruisce come un tutto uniforme e, per quanto riguarda la sua estensione, indipendente dai caratteri inosservati degli eventi remoti. Questa considerazione rafforza la conclusione precedente, e porta all'affermazione dell'uniformità essenziale degli spazi momentanei dei vari sistemi temporali, e quindi all'uniformità degli spazi atemporali ciascuno dei quali corrisponde ad un sistema temporale.

L'analisi sopra esposta del carattere generale della natura osservata, offre la spiegazione di diversi fatti fondamentali dell'osservazione: *a*) spiega la differenziazione della qualità unica dell'estensione nel tempo e nello spazio; *b*) dà un significato ai fatti osservati della posizione geometrica e temporale, dell'ordine geometrico e temporale, e del concetto geometrico di piano e di linea; *c*) permette la scelta di un sistema definito di congruenza che comprende tanto lo spazio quanto il tempo, e così spiega la concordanza raggiunta in pratica nelle misure; *d*) spiega (conformemente alla teoria della relatività) i fenomeni di rotazione, per es. il pendolo di Foucault, la convessità equatoriale della Terra, la direzione fissa nella rotazione dei cicloni e degli anticicloni e la bussola giroscopica. E lo può fare, in base alla sua ammissione di definite stratificazioni della natura, rivelate dal carattere verace della conoscenza che ne abbiamo; *e*) le sue spiegazioni del moto sono ancor più fondamentali di quelle espresse in *d*), poiché spiega ciò che si intende per moto stesso. Il moto osservato di un oggetto esteso è la relazione delle sue varie situazioni con le stratificazioni della natura espresse dal sistema temporale fondamentale a quell'osservazione. Il moto così inteso esprime una reale relazione dell'oggetto col resto

della natura. L'espressione quantitativa di questa relazione varierà in relazione al sistema temporale scelto per esprimerla.

Questa teoria non riconosce alcun carattere peculiare alla luce, oltre quello riconosciuto agli altri fenomeni fisici quali il suono, poiché non c'è nessun fondamento per una differenza del genere. Alcuni oggetti li conosciamo solo con la vista, altri solo con l'udito, e altri ancora non li conosciamo né con la vista, né con l'udito, ma col tatto o l'odorato o altrimenti. La velocità della luce varia rispetto al mezzo, e cosí avviene del suono. Sotto certe condizioni la luce segue percorsi curvi, e lo stesso fa il suono. Tanto la luce quanto il suono sono onde di perturbazione nei caratteri fisici degli eventi; e (come si è stabilito all'inizio di questo capitolo) il corso attuale della luce non ha per la percezione importanza maggiore del corso seguito dal suono. Fondare l'intera filosofia naturale sulla luce, è una assunzione priva di fondamento. L'esperimento di Michelson-Morley e gli altri analoghi mostrano che, entro i limiti della nostra imprecisione di osservazione, la velocità della luce rappresenta un'approssimazione alla velocità critica «c», esprimente la relazione fra le nostre unità di spazio e di tempo. Si può provare che l'assunzione della luce, con la quale si riesce a spiegare questi esperimenti e l'influenza del campo di gravitazione sui raggi della luce, è deducibile *per approssimazione* dalle equazioni del campo elettromagnetico. Si elimina cosí ogni necessità di differenziare la luce dagli altri fenomeni fisici, come fornita di un peculiare carattere fondamentale.

È necessario notare che la misurazione della natura estesa per mezzo degli oggetti estesi è priva di significato se si prescinde da qualche fatto osservato di simultaneità, inerente alla natura e non semplicemente concepito come una funzione del pensiero. Diversamente non ha senso il concetto di un'unità di misura estesa da A a B. Perché non scegliere AB', dove B' è l'estremo B cinque minuti piú tardi? Le misurazioni, per essere possibili, presuppongono una natura simultanea, ed un oggetto osservato presente allora e presente ora. In altre parole, le misure della

natura estesa richiedono qualche carattere inerente in natura, che assolva il còmpito di presentare gli eventi. Inoltre, la congruenza non si può definire per mezzo della permanenza dell'unità di misura. La permanenza è essa medesima priva di significato scissa dal giudizio immediato di auto-congruenza. Diversamente, come si differenzia un elastico da un'unità di misura rigida? Ciascuno rimane lo stesso oggetto identico a se stesso. Perché uno può servire come unità di misura e l'altro no? Il significato della congruenza va cercato al di là dell'indentità dell'oggetto con se stesso. In altre parole la misurazione presuppone il misurabile, e la teoria del misurabile è la teoria della congruenza.

Inoltre l'ammissione delle stratificazioni della natura serve di base alla formulazione delle leggi della natura. Si è affermato che queste leggi devono essere espresse in equazioni differenziali, le quali, in quanto formulate in un sistema generale di misura qualunque, non permettono nessun riferimento ad ogni altro sistema di misura particolare. Questa affermazione è puramente arbitraria poiché un sistema di misura misura qualcosa inerente alla natura; altrimenti non ha alcuna connessione affatto con la natura. E quel qualcosa, misurato con un particolare sistema di misura, può possedere una relazione speciale col fenomeno, di cui si vuole formulare la legge. Per esempio, c'è da aspettarsi che il campo gravitazionale, dovuto ad un oggetto materiale in quiete in un certo sistema temporale, possa presentare nella sua formulazione un riferimento particolare alle quantità spaziali e temporali di quel sistema temporale. Naturalmente il campo si può esprimere in qualunque sistema di misura, ma il riferimento particolare varrà come la spiegazione fisica semplice.

Note

Sul concetto greco di punto.

Le pagine precedenti erano già in corso di stampa, quando ebbi il piacere di leggere l'opera di T. L. Heath, *Euclid in Greek* (Cambridge, Univ. Press, 1920). La definizione originale di Euclide dice:

σημεῖόν ἐστιν, οὗ μέρος οὐθέν.

Io l'ho citata a pag. 79 nella forma volgare appresa nella fanciullezza, « senza parti e senza grandezza ». Avrei dovuto consultare l'edizione inglese dello Heath — subito divenuta classica — prima di permettermi un apprezzamento su Euclide. Tuttavia questa correzione non cambia il senso della mia critica. Desidero invece richiamare l'attenzione sulla nota apposta dallo Heath stesso alla definizione di Euclide, dove si riassume lo svolgimento del pensiero greco sul concetto di punto dai Pitagorici, attraverso Platone ed Aristotile, fino ad Euclide. La mia analisi del carattere richiesto dal concetto di punto concorda completamente col risultato della speculazione greca.

Sulla significazione e gli eventi infiniti.

La teoria della significazione è stata ampliata e resa piú precisa nel presente volume. Era già stata introdotta nei *Principles* (cfr. sotto-paragrafi 3.3-3.8 e 16.1, 16.2, 19.4, e paragrafi 20 e 21). Nel rileggere le bozze del presente volume, vengo alla conclusione che alla luce di questo svolgimento la mia limitazione degli eventi infiniti alle sole durate è insostenibile. Questa limitazione è affermata nel paragrafo 33 dei *Principles* ed all'inizio del capitolo IV di quest'opera. Non solo c'è una significazione degli eventi osservati che abbraccia l'intera durata presente, ma c'è una significazione dell'evento cogrediente che implica la propria estensione per tutto un sistema temporale in direzione del passato e del futuro. In altre parole

« l'al di là » essenziale in natura è un al di là definito tanto nel tempo quanto nello spazio. Questo risulta da tutta la mia tesi sull'origine comune del tempo e dello spazio nell'estensione. E trova pure la stessa base nell'analisi del carattere della nostra conoscenza della natura. Consegue da questa ammissione che si possono definire i punti-traccia (ossia i punti degli spazi atemporali) come elementi astrattivi. Il che è di grande vantaggio per ristabilire l'equilibrio fra i momenti ed i punti. Tengo per fermo tuttavia quanto è detto nel sotto-paragrafo 35-4 dei *Principles*, che l'intersezione di una coppia di durate non parallele non si presenta a noi come un evento unico. Questa correzione non infirma nessuno dei ragionamenti successivi delle due opere.

Colgo questa occasione per indicare che gli « eventi stazionari » del paragrafo 57 dei *Principles* sono eventi cogredienti solo se considerati da un astratto punto di vista matematico.

Indice

Prefazione . . . . . p. VII

I. Natura e pensiero . . . . . » 3

II. Teorie della duplicità della natura . . . . » 25

III. Il tempo . . . . . » 47

IV. Il metodo dell'astrazione estensiva . . . . » 69

V. Spazio e moto . . . . . » 91

VI. La congruenza . . . . . » 109

VII. Gli oggetti . . . . . » 129

VIII. Sommario . . . . . » 147

IX. I concetti ultimi della fisica . . . . . » 165

Note . . . . . » 177

Finito di stampare l'8 febbraio 1975
per conto della Giulio Einaudi editore s. p. a.
presso la Litografia Bona in Torino

C. L. 4143-4

Reprints Einaudi

1. Max Horkheimer e Theodor W. Adorno, *Dialettica dell'illuminismo.*
2. Alexander Gerschenkron, *Il problema storico dell'arretratezza economica.*
3. Norberto Bobbio, *Politica e cultura.*
4. Otto von Gierke, *Giovanni Althusius e lo sviluppo storico delle teorie politiche giusnaturalistiche. Contributo alla storia della sistematica del diritto.*
5. John Dewey, *Logica, teoria dell'indagine* (due volumi).
6. Marino Berengo, *Nobili e mercanti nella Lucca del Cinquecento.*
7. György Lukács, *La distruzione della ragione* (due volumi).
8. Nicola Ottokar, *Il Comune di Firenze alla fine del Dugento.*
9. Ludwig Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus* e *Quaderni 1914-1916.*
10. Marc Bloch, *La società feudale.*
11. Baruch Spinoza, *Epistolario.*
12. Ronald Syme, *La rivoluzione romana.*
13. Theodor W. Adorno, *Minima moralia.*
14. Max Weber, *Il metodo delle scienze storico-sociali.*
15. Arnold Hauser, *Le teorie dell'arte. Tendenze e metodi della critica moderna.*
16. Costantino Nigra, *Canti popolari del Piemonte* (due volumi).
17. Corrado Vivanti, *Lotta politica e pace religiosa in Francia fra Cinque e Seicento.*
18. Luigi Rognoni, *La scuola musicale di Vienna. Espressionismo e dodecafonia.*
19. Angelo Maria Ripellino, *Il trucco e l'anima. I maestri della regia nel teatro russo del Novecento.*
20. Ludwig Wittgenstein, *Ricerche filosofiche.*
21. Karl Löwith, *Saggi su Heidegger.*
22. Giulio Carlo Argan, *Walter Gropius e la Bauhaus.*
23. Richard Cantillon, *Saggio sulla natura del commercio in generale.*
24. Josef Stalin, *Il marxismo e la questione nazionale e coloniale.*
25. P. F. Strawson, *Introduzione alla teoria logica.*
26. Maurice Blanchot, *Lo spazio letterario.*
27. Cesare Brandi, *Struttura e architettura.*
28. Bertolt Brecht, *Scritti sulla letteratura e sull'arte.*

29. *Il conflitto tra paganesimo e cristianesimo nel secolo* IV. Saggi a cura di Arnaldo Momigliano.
30. Theodor W. Adorno, *Filosofia della musica moderna.*
31. Alfred North Whitehead, *Il concetto della natura.*

28216